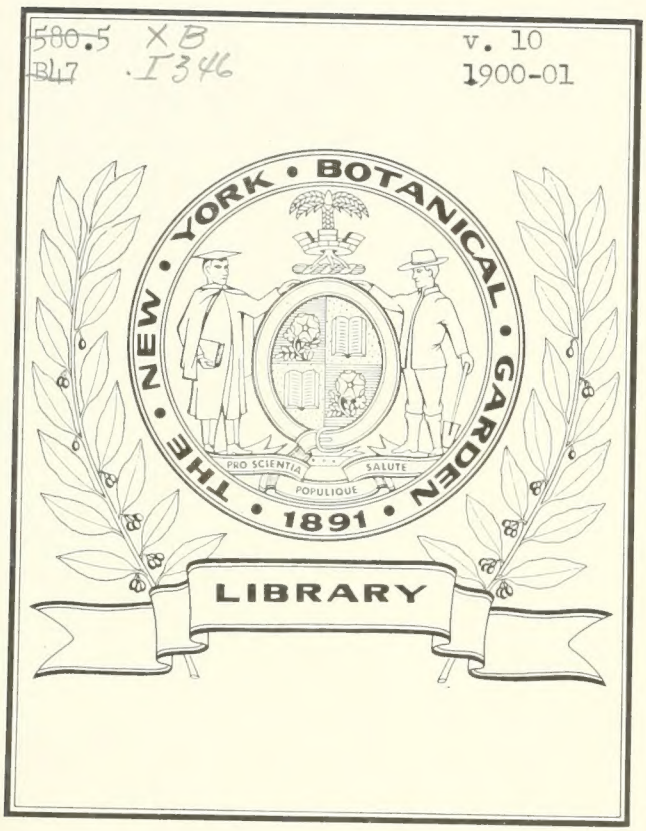
580.5 XB
B47 .I346
v. 10
1900-01



CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GEN
VENDU EN 1922

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. Chr. Luerssen
in Königsberg i. Pr.

Band X.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENÈVE
VENDU EN 1922

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1901.

Alle Rechte vorbehalten.

Druck der Oehler'schen Buchdruckerei, Heilbronn.

Inhalts-Verzeichnis.

Heft 50.

Zur Organisation von Acer Pseudoplatanus. Von Dr. J. Hämmerle. Mit 2 Figuren. 1900

Heft 51.

Beiträge zur botanischen und pharmacognostischen Kenntnis von Hyoscyamus niger L. Von Dr. J. Siim-Jensen. Mit 6 Tafeln. 1901.

Heft 52.

Phylogenie der Blütenformen und der Geschlechterverteilung bei den Compositen. Von M. von Uexküll-Gyllenband aus Riga (Livland). Mit 2 Tafeln und zahlreichen Textfiguren. 1901.

Heft 53.

Bastarde zwischen Maisrassen, mit besonderer Berücksichtigung der Xenien. Von Prof. C. Correns. Mit 2 Tafeln. 1901.

Heft 54.

Physiologisch-anatomische Untersuchungen über Luftwurzeln, mit besonderer Berücksichtigung der Wurzelhaube. Von Dr. Aladár Richter. Mit 12 Tafeln. 1901

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. Chr. Luerssen
in Königsberg i. Pr.

und

Prof. Dr. B. Frank
in Berlin.

Heft 50.

Zur Organisation von Acer Pseudoplatanus

von

Dr. J. Hämmerle.

Mit zwei Figuren.

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHEQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE
VENDU EN 1922

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1900.

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENÈVE
VENDU EN 1992

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. Chr. Luerssen
in Königsberg i./Pr.

und

Prof. Dr. B. Frank
in Berlin.

Heft 50.

Zur Organisation von Acer Pseudoplatanus

von

Dr. J. Hämmerle.

Mit zwei Figuren.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1900.

Zur

Organisation

von

Acer Pseudoplatanus.

Von

Dr. J. Hämmerle.
Assistent am Pflanzenphysiologischen Institut zu Göttingen.

Mit zwei Figuren.

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE
VENDU EN 1922

STUTTGART.

Verlag von Erwin Nägele.

1900.

Alle Rechte, insbesondere das der Uebersetzung vorbehalten.

Druck der Oehler'schen Buchdruckerei, Heilbronn.

Inhalts-Verzeichnis.

Einleitung 1
Tabellen 12
Acer Pseudoplatanus 12
I. Einjährige Exemplare 12
II. Zweijährige Exemplare 18
III. Dreijährige Exemplare 21
IV. Vierjährige Exemplare 29
Quercus Robur 55
Fagus silvatica 58
Sorbus 59
Alnus glutinosa 62
Polygonum cuspidatum 64
Verhältnis der Dicke zwischen Achse und Wurzel 72
Acer Pseudoplatanus 73
Fraxinus, Fagus, Sorbus 75
Discussion der Resultate 76
Acer Pseudoplatanus 76
Morphologie 76
Hauptachse 76
Zweige 78
Anatomie 81
Mark 81
Holz 82
Jahresringe 83
Breite 83
Flächenzuwachs 84
Gefässe 84
Weite 84
Relative Anzahl 87
Absolute Anzahl 87
Markstrahlen 88
Rinde 89
Ergänzende Untersuchungen an einigen anderen Objekten 90
Quercus Robur 90
Fagus silvatica 91
Sorbus 92
Alnus glutinosa 93
Polygonum cuspidatum 95
Figurenerklärung 98
Litteraturverzeichnis 100

Einleitung*).

Die Frage, wie weit verschiedene Organe und Organteile eines höheren Pflanzenkörpers morphologisch und anatomisch mit einander übereinstimmen oder von einander abweichen, ist verschiedentlich untersucht worden, in erster Linie von Mohl, Sanio, Theodor und Robert Hartig.

Bei der Besprechung der umfangreichen Litteratur soll abgesehen werden von den Unterschieden, wie sie zwischen vegetativen und fructificativen Organen vorhanden sind, oder durch die sich Rhizome,**) Knollen und ähnliche Bildungen von den laubigen Organen unterscheiden. Auch würde es zu weit führen, einzugehen auf die zahlreichen Arbeiten über den Einfluss äusserer Faktoren auf die anatomischen und morphologischen Verhältnisse. Ebenso müssen auch Blatt- und Sprossmetamorphosen unberücksichtigt bleiben.

Ueber die Beziehungen der einzelnen Stockwerke eines Jahrestriebes zu einander liegen für die Holzpflanzen zahlreiche Angaben bei Wigand***) vor. Wigand fand im allgemeinen, dass die Basis und das Ende eines Jahrestriebes von einer Anzahl sehr kurzer Internodien gebildet werden, zwischen denen längere liegen. Bei einer Reihe von Objekten†), Buche, Hainbuche, Kastanie, Ulme, Heidelbeere, Syringe, Sauerdorn, Pfeiffenstrauch, Rose werden jedoch nach seiner Angabe die Internodien gegen die Spitze des Triebes zu immer grösser, das letzte Internodium ist nicht kürzer, sondern in den meisten Fällen gleich gross, in vielen noch länger als das vorletzte, erreicht also das Maximum der Länge.

Hierzu will ich gleich an dieser Stelle bemerken, dass nach meinen Beobachtungen Wigand bei einem Teil der eben genannten Objekte wahrscheinlich vegetative und fructificative Teile nicht genügend auseinander gehalten hat, und ferner, dass sich z. B. bei der Buche das Maximum wohl ziemlich weit nach oben gegen die Spitze des Triebes zu verschiebt, dass aber seine Angabe, manchmal sei das letzte Internodium das längste, nur für schwach entwickelte Triebe, und dort auch nicht immer zutrifft. In allen vegetativen, kräftig entwickelten Trieben kommt das Gesetz der grossen Periode des Wachstums zum Ausdruck, dessen Verlauf von Sachs und seinen Schülern näher festgestellt worden ist.

Dass die Gesamtentwicklung des Baumes einer derartigen grossen Periode unterliegt, ist in grossen Zügen durch die Untersuchungen der Forstleute bewiesen worden, nach denen aber bei den verschiedenen Arten der zeitliche Verlauf des Wachstums ein sehr verschiedener sein kann. So giebt Hartig††) an, dass bei Rotbuchen zwischen dem 20. und 30. Lebensjahre, bei den Kiefern dem 10.—20., bei den Eichen im Spessart erst im 50.—70. Jahre das Maximum des jährlichen Höhenwuchses eintritt. Bemerkenswert ist auch, dass nach seinen Angaben bei schwächerer Entwicklung der Bäume das Maximum erst später erreicht wird.

*) Die vorliegende Arbeit wurde in den Jahren 1898—99 im Pflanzenphysiologischen Institut zu Göttingen unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Berthold durchgeführt.

**) Vergl. z. B. W. Rothert. Vergleichend anatomische Untersuchungen über die Differenzen im primären Bau der Stengel und Rhizome krautiger Phanerogamen etc. Dorpat 1885.

***) Wigand. Der Baum 1854.

†) Wigand. Der Baum p. 39.

††) R. Hartig. Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen 1891 p. 259.

Dasselbe führt auch Frank Schwarz*) für Pinus silvestris an: „Ausserdem wird der zeitliche Eintritt des Maximums der grossen Periode durch die Einwirkung der äusseren Faktoren verschoben, indem unter ungünstigen Verhältnissen das Maximum später eintritt. Unter günstigen Verhältnissen kann das Maximum des Längenwachstums schon mit 10—15 Jahren, unter ungünstigen Verhältnissen mit 20—25 Jahren erreicht werden."

Wie sich der Verlauf der grossen Periode an den Zweigen gestaltet, ist bis jetzt nicht genügend untersucht worden.

Allerdings finden sich bei Wigand**) diesbezügliche Angaben, ebenso bei Frank Schwarz***), der für Pinus silvestris folgendermassen schreibt: „Wie der Hauptstamm haben auch die Seitenäste ihre grosse Periode. Doch sind die Anfangsgrössen ihrer Wachstumswerte verschieden und vom Entwicklungsstadium der Tragachse abhängig."

Die ersten wirklich systematischen Untersuchungen über diese Frage sind neuerdings von Burtt†) an einer Reihe von Coniferen durchgeführt worden. Seine Hauptresultate stehen zu den bisherigen Angaben und Annahmen in Gegensatz. Er formuliert sie in folgender Weise††): „Die einzelnen Glieder eines Sprosssystems nehmen in der Länge allmählich ab, je weiter der relative Ort derselben von der Spitze der Mutterachse des betreffenden Systems entfernt ist. So nimmt der jährliche Zuwachs aller Seitenachsen erster Ordnung mit ihrem Abstande vom Scheitel der Hauptachse ab; und dasselbe gilt wieder für die Glieder jeder folgenden Ordnung."

Ueber Laubbäume ist in dieser Richtung nichts bekannt.

Nach gelegentlichen Beobachtungen aber, die ich an Populus canadensis und Populus nigra Lin. var. pyramidalis machte, liegen die Verhältnisse hier ganz anders und anscheinend mehr den bisherigen Angaben entsprechend†††).

Die anatomische Bearbeitung der vorliegenden Fragen ist zunächst in sorgfältiger Weise von Sanio in Angriff genommen worden.

In seiner ersten Arbeit vom Jahre 1863[1]), in den vergleichenden Untersuchungen über die Elementarorgane des Holzkörpers drückt er den schon von Th. Hartig[2]) für die Buchen aufgestellten Satz: „Das Holz junger Buchen besitzt um $^1/_4$—$^1/_3$ engere Röhren als das Holz älterer Baumteile" folgendermassen aus: „Was die Weite der Gefässe anbetrifft, so kann ich als Regel feststellen, dass die Gefässe in den ersten Jahresringen enger, zum Teil sogar beträchtlich enger sind als in den darauf folgenden; namentlich bezieht sich dies auf die weiten Gefässe des Frühlingholzes."

In einem zweiten Artikel desselben Jahres weist er die Gültigkeit seiner Regel auch für die Holzzellen nach:[3])

„Aber nicht allein die Gefässe nehmen in den äusseren Jahresringen an Weite zu; in gleicher Weise kann man auch eine Grössenzunahme der Holzzellen beobachten." Weiter: „Die relative wie

*) Frank Schwarz: Physiologische Untersuchungen über Dickenwachstum und Holzqualität von Pinus silvestris. Berlin 1899. p. 259.

**) Wigand. Der Baum p. 74 und 75.

***) Frank Schwarz p. 13.

†) Burtt. Ueber den Habitus der Coniferen. Diss. Tübingen 1899.

††) p. 19.

†††) Im übrigen geht aus den Tabellen von Burtt hervor, dass die Seitentriebe 1. Ordnung bei Pseudotsuga Douglasii Carrière (p. 20) eine Ausnahme von seinem Gesetz bilden und sich ähnlich wie bei den von mir oben erwähnten Laubbäumen verhalten.

[1]) K. Sanio: Vergleichende Untersuchungen über die Elementarorgane des Holzkörpers. Bot. Zeit. 1863 p. 126.

[2]) Th. Hartig: Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands. 1851 p. 207 nach Strasburger: Leitungsbahnen p. 874.

[3]) Bot. Zeit. 1863. II. Sanio: Vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung des Holzkörpers. p. 396 u. 397.

absolute Wandungsdicke der Prosenchymzellen nimmt also in den äusseren Jahrringen mit der Weite der Gefässe gleichfalls zu, bis sie constant wird."

1872 berücksichtigt Sanio*) in seiner Arbeit „Ueber die Grösse der Holzzellen bei der gemeinen Kiefer (Pinus silvestris)" auch die gesetzmässigen Aenderungen, die in verschiedenen Höhen des Baumes sich zeigen. Ausserdem hat er noch die Verhältnisse in den Aesten in den Bereich seiner Untersuchungen gezogen. Er kommt zu folgenden Sätzen:

1) „Die Holzzellen nehmen in den Stamm- und Astteilen überall von innen nach aussen durch eine Anzahl von Jahrringen hindurch zu, bis eine bestimmte Grösse erreicht ist, welche dann für die folgenden Jahrringe constant bleibt.

2) Die endliche constante Grösse der Holzzellen ändert sich im Stamm (Hochstamm) in der Weise ab, dass sie stetig von unten nach oben zunimmt, in bestimmter Höhe ihr Maximum erreicht und dann nach dem Wipfel zu wieder abnimmt.

3) Die endliche Grösse der Holzzellen in den Aesten ist geringer als im Stamm, hängt aber von diesem in der Weise ab, dass diejenigen Aeste, welche in solcher Stammhöhe entspringen, in der die Holzzellen grösser sind, auch grössere Zellen haben als die Aeste, welche an solchen Stammhöhen entspringen, an denen die constante Zellengrösse eine geringere ist.

4) Auch in den Aesten nimmt die constante Grösse in den äusseren Jahrringen nach der Spitze zu, um dann wieder zu fallen. Bei dem unregelmässigen knorrigen Wuchse der Wipeläste kommen indes Unregelmässigkeiten vor; so beobachtete ich bei einem Aste, den ich durch eine beträchtliche Länge hindurch näher untersuchte, ein zweimaliges Steigen und Fallen. Die regelmässig wachsenden Aeste alter Kusselfichten würden hier wohl eine feste und ähnliche Regel wie im Stamm nachweisen, doch habe ich dergleichen noch nicht untersucht.

5) In der Wurzel nimmt auf dem Querschnitt die Weite der Zellen zuerst zu, fällt dann wieder, um wieder zu steigen, bis die constante Grösse erreicht ist. Auch nach der Länge der Wurzel findet eine Grössenzunahme statt, doch habe ich diese Frage aus Mangel an geeignetem Material noch nicht genauer untersucht."

Bei seinen Messungen hat Sanio Länge und Weite der Holzzellen berücksichtigt. Ferner**) macht er schon bei seinen Untersuchungen an einer sechsjährigen Kiefer die Beobachtung, dass von unten nach oben eine Steigerung der Grösse in dem je innersten (ersten) Jahresring eintritt, so das der Jahresring des 6. Jahrestriebes die grössten, der erste Ring des untersten Jahrestriebes die kürzesten Zellen hat. Ausserdem nimmt je weiter nach oben, die Zellengrösse in der Richtung von innen nach aussen um so schneller zu. Im folgenden Jahr veröffentlichte Sanio noch eine Arbeit über die Kiefer***), in der sich nebenbei auch eine grosse Reihe von Angaben über die Grössenverhältnisse der Libriformfasern und Gefässe von Laubhölzern finden.

Vergleichende Untersuchungen in verschiedener Höhe waren nur an der Birke ausgeführt. Es zeigte sich eine Bestätigung der Gesetze, die für die Kiefer aufgestellt waren.

Bemerkenswert ist noch folgendes Ergebnis: „Ueberraschend ist die Thatsache, dass das Maximum der mittleren Länge für Libriformfasern und Gefässe nicht in dieselbe Stammhöhe fällt. Während die Libriformfasern bereits in 4 m Höhe das Maximum erreicht hatten, verlängern sich die Gefässe bis in 13 m Höhe, um von dort nach oben zu fallen."

Diese Untersuchungen Sanios sind in letzter Zeit teilweise von R. Hartig und Bertog bestätigt und erweitert worden.

*) Pringsheims Jahrbücher 1872 Bd. 8. Sanio: Ueber die Grösse der Holzzellen in der gemeinen Kiefer (Pinus silvestris).

**) Pringsheims Jahrbücher VIII. 1872 p. 407.

***) Pringsheims Jahrbücher 1873. Bd. 9 p. 50. Sanio: Anatomie der gemeinen Kiefer.

So ergaben die Untersuchungen an der Rotbuche*) in aufeinander folgenden Jahresringen, dass die Länge der Sklerenchymfasern bis zu einem Maximum zunimmt, dann um ein Geringes fällt, die Weite der Gefässe schnell zunimmt und dann bis ins höchste Alter konstant bleibt. Bei dem Vergleich der Gefässe, Tracheiden und Sklerenchymfasern in verschiedener Höhe des Stammes fand Hartig aber das Grössenmaximum immer an der Basis des Stammes und von hier eine stetige Zunahme gegen die Spitze, entgegen den Resultaten, die Sanio an der Birke und Kiefer erzielte.

Ueber die Eiche**) sagt Hartig: In der Jugend sind alle Zellen des Baumes kleiner. Bis zum 100. Jahre werden alle Elemente grösser.

Weitere Bestätigung lieferte Bertog***) in neuerer Zeit. Bei der Weisstanne erreichen die Tracheiden in 14,1 m Höhe ihre maximale Weite, um von dort gegen die Spitze erheblich zu fallen.

In 1,3 m Höhe = 95 mm Weite
„ 14,1 „ „ = 109 „ „
„ 26,9 „ „ = 48 „ „

Bemerkenswert ist ausserdem die Angabe von Bertog, dass die Wandstärke der Tracheiden ein umgekehrtes Verhalten zeigt, mit der Höhe erst ab —, dann weit oben wieder zunimmt, so dass die weitesten Tracheiden im allgemeinen geringere Wanddicke haben. Bertog untersuchte auch Tannen und Fichten aus verschiedenen Ertragsklassen auf die Weite und Wanddicke ihrer Tracheiden. Er kam zu dem Resultat, dass die Grössenzunahme der Tracheiden in den stärkeren Stämmen bedeutender ist als das Wachstum ihrer Wanddicke.

Auch über das Verhältnis der Anzahl der Gefässe auf einer Flächeneinheit sowie über ihre absolute Zahl finden sich bei Hartig†) einige Angaben. In einem 120jährigen Buchenstamm nahm in 1,3 m Höhe die Anzahl auf einem Quadratmillimeter bis zum 90. Jahre zu, dann wieder ab. Von unten nach oben konstatiert er deutliche Zunahme, ein Zusammenrücken der Gefässe, deren Zahl im Stamm bis zur Krone annähernd gleich bleibt.

Ueber das Verhalten der Wurzel in Bezug auf diese Fragen liegen nur wenige Angaben vor. Wir sahen schon oben, dass Sanio††) sie nicht eingehend untersucht hat, da es ihm an genügendem Material mangelte. Doch glaubte er, dass bei der Kiefer (Pinus silvestris) in der Wurzel die Weite von oben nach unten zunähme. Dagegen hat Schacht†††) schon früher angegeben, dass bei allen von ihm untersuchten Bäumen die Wurzel ungleich weitere Zellen, ja dass diese meist 2—4 mal so breite Langzellen (Holzzellen, Gefässzellen, Cambiumzellen und Bastzellen) besässe. Hiergegen wandte sich H. v. Mohl, der bei einer Untersuchung des Wurzelholzes im Vergleich zum Stammholz fand, dass die Organe in der Wurzel zwar grösser wären als im Stamm, dass sie diese aber nie, wie Schacht behauptet hatte, um das 2—4fache an Weite überträfen.

Schachts Befunde erklären sich schliesslich dadurch, dass er Astholz und Wurzelholz verglichen hatte. Auch war beiden Forschern noch nicht bekannt, dass die Weite der Organe in den aufeinander folgenden Jahrringen zunimmt (zuerst von Sanio nachgewiesen). Aus Mohls Arbeit führe ich noch folgende Einzelheiten an. Bei der Weisstanne fand er, dass in der Wurzel die Zellen grösser sind als im Stamm. Dasselbe ist bei der Buche (Fagus silvatica), der Birke (Betula alba), der Aspe (Populus tremula), und der Berberitze (Berberis vulgaris) der Fall. Er giebt folgende Mittelwerte.

*) R. Hartig und R. Weber. Das Holz der Rotbuche. 1888. R. Hartig. Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1891 p. 291.

**) R. Hartig. Bot. Centralbl. 1895 (61) p. 285.

***) Untersuchungen über den Wuchs und das Holz der Weisstanne und Fichte. Forstl.-naturw. Zeitsch. 1895. 177. Refer. bei Büsgen: Bau und Leben unserer Waldbäume. 1897. p. 101.

†) R. Hartig und R. Weber. Holz der Rotbuche. Nach Büsgen p. 117.

††) Pringsh. Jahrb. VIII. 1872. p. 401 (403).

†††) Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. 1856. Bd. II. p. 174.

Gefässe

	Stamm	Wurzel
Buche	0‴,0366*)	0,0734
Birke	0,0397	0,0486
Berberitze	0,028	0,045
Aspe	0,0353—0,0411	0,043—0,063.

Bei der Buche, der Birke und der Esche ist die Gefässzahl in der Wurzel eine beträchtlich grössere als im Stamm. Dagegen kommt er bei der Esche zu dem überraschenden Resultat, dass in der Wurzel die Gefässe im allgemeinen enger als im Stamm sind. (0,06302 [W.]: 0,0655 [St.]) Auch in Bezug auf die Anzahl und Grösse der Markstrahlen finden sich in der älteren Litteratur nur sehr wenige Angaben. So z. B. bei Mohl**), der die Beobachtung machte, dass bei der Eiche in der Wurzel die grossen Markstrahlen viel grösser sind und in weit bedeutenderer Menge vorkommen als im Stamm [Grösse im Stamm bis $^1/_7$‴, in der Wurzel bis $^1/_3$‴ = $^2/_7$—$^2/_3$ mm]. Schacht***) hingegen hatte schon früher angegeben, dass das Holz der Wurzel bei allen von ihm untersuchten Bäumen bei gleichem Alter weniger Markstrahlen enthält als der Stamm.

Erst viel später (1882) wurde diese Frage im Interesse der Erlangung sicherer diagnostischer Merkmale zur Bestimmung der Coniferen von paläontologischer Seite und zwar zuerst zon Essner†) wieder aufgenommen, der den Satz aufstellte: „Die Anzahl der Markstrahlen ist am grössten im ersten Jahresringe; von hier nimmt sie nach aussen anfangs rasch, später allmählich ab, hält sich darauf innerhalb einer für die einzelnen Individuen verschiedenen Zone constant, um endlich bei hinreichendem Alter des Baumes wieder allmählich zu steigen."

Dieser Satz wurde 1885 von H. Fischer††) bestätigt und zu folgender Stammregel erweitert: „Das Maximum der mittleren Anzahl der Markstrahlen auf der Flächeneinheit eines Jahresringes liegt im ersten (innersten) Ringe einer Stammquerscheibe, und nimmt nach den jüngeren Ringen hin bis zu einem Minimum ab, und zwar anfangs meist unvermittelt, bald aber mehr allmählich; dieses erhält sich durch viele Jahre hindurch annähernd constant, indem darauf Werte folgen, die regellos, aber unbedeutend von dem Minimalwert abweichen."

Diese Regel behält auch ihre Gültigkeit für Astholz und Wurzelholz: „Junge Aeste verhalten sich hinsichtlich der Beziehungen ihrer mittleren Anzahl der Markstrahlen zum Alter der Jahrringe wie die zugehörigen jungen Stämme." —

„In den Hauptwurzeln verhält sich die mittlere Anzahl der Markstrahlen auf der Flächeneinheit der aufeinander folgenden Jahrringe genau ebenso wie in den dazugehörigen Stämmen."

Hinsichtlich des Vergleichs zwischen Ast-, Stamm- und Wurzelholz hat Fischer Recht, wenn er sagt, dass sich auf die mittlere Anzahl und Höhe der Markstrahlen in gleichalterigen Jahrringen kein relatives Unterscheidungsmerkmal und so kein diagnostisches für Stamm-, Wurzel- und Asthölzer gründen lässt. Dennoch lässt sich aus seinen Zahlen immerhin deutlich erkennen, dass im allgemeinen

*) Würtemberger Fuss = 0,28649 m
1‴ = 1,914 mm oder
angenähert 1‴ = 2 mm
1‴ : 1 mm 2 : 1.

**) Mohl. Einige anatomische und physiologische Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln. Bot. Zeit 1862. p. 284.

***) Schacht. Lehrbuch. II. p. 174

†) Essner. Ueber den diagnostischen Wert der Anzahl und der Höhe der Markstrahlen bei den Coniferen (Sonderabdr. a. d. Abh. d. Naturw. Gesellsch. z. Halle 1882).

††) H. Fischer. Ein Beitrag zur vergleichenden Anatomie des Markstrahlgewebes und der jährlichen Zuwachszonen im Holzkörper von Stamm, Wurzel und Aesten bei Pinus Abies L, Flora 1885. Bd. 68 p. 267.

in derselben Pflanze die Anzahl der Markstrahlen vom Ast über den Stamm zur Wurzel abnimmt, wie folgende, Fischers Tabellen entnommene Zahlen veranschaulichen.

Fichte	I			II			IV		
	Max.	10	Jahr	Max.	10	Jahr	Max.	10	Jahr
Ast	26	22		43	20		39	20	
Stamm	29	26		27	13		32	14	
Wurzel	28	22		13	12		29	—	

Für jedes der drei Exemplare sind 2 Reihen angegeben, von denen die erste die Maximalziffer, die zweite das Mittel aus den zehn ersten Jahrringen giebt. Auffallend ist nur der geringe Wert der Fichte I für das Astholz. Es ist dies als Ausnahme anzusehen.

Auf die Gesetzmässigkeiten, die in der Breite der Jahresringe bestehen, ist Sanio nicht eingegangen. Diese wurden von Mohl, Nördlinger und Hartig eingehend untersucht.

Schacht*) hatte in seinem Buche „Der Baum“ behauptet, dass die Jahresringe in der Wurzel in der Regel breiter seien als im Stamm. Dem gegenüber vertrat Mohl die Ansicht, dass die Ringe in den Baumwurzeln im allgemeinen enger wären als im Stamm und belegte dies in seiner Arbeit**) mit Angaben über die Weisstanne***), die Esche†), die Buche††) und die Eiche†††, die er genauer untersucht hatte. Nur machte er eine Einschränkung, indem er bei der Esche zugab, dass junge Wurzeln ein stärkeres Wachstum zeigten, namentlich, wenn sie auf feuchtem und sehr fruchtbarem Boden wuchsen. Im allgemeinen bleibt er aber bei seiner Behauptung und giebt an, dass namentlich im höheren Alter die Ringe ausserordentlich schmal werden.

Ueber das Dickenverhältnis sämtlicher von der Mitte aufeinander folgenden Jahrringe in gleicher Höhe bemerkt er bei der Weisstanne (Abies pectinata)[1]), dass bei der Mehrzahl der Wurzeln auf ähnliche Weise, wie dies bei den Stämmen die allgemeine Regel sei, nachdem sich eine längere Reihe von Jahren hindurch dünnere Jahrringe gebildet hätten, die Kraft des Wachstums zunähme, und sich eine längere Reihe von Jahren hindurch weit stärkere Jahrringe lagerten, bis endlich wieder im äusseren Teile von alten Wurzeln die Dicke der Jahrringe sich auf ein sehr geringes Mass beschränke.

Aehnliche Anschauungen vertritt er auch 1869[2]) in einer Arbeit, wo er sagt, dass im allgemeinen bei unseren einheimischen Bäumen die dem Centrum näher liegenden Jahrringe dicker sind als die äusseren, was auch aus allen seinen Tabellen hervorgeht. Allerdings ist es wohl nach dem vorigen Satz selbstverständlich[3]), dass er diesen nicht auf die ersten Jahrringe junger Bäume angewandt wissen will. Auch seine Tabellen, die sich nur auf Coniferen beziehen, beweisen es nur für die späteren Jahre; die ersten Lebensjahre des Baumes sind nicht untersucht, mit einer Ausnahme, wo sich aber auch gerade zeigt, dass die innersten Ringe enger sind.

Mohl vergleicht ferner die Breite der Jahresringe auch in verschiedenen Höhen des Baumes und kommt zu dem Resultat, dass sie überall von unten nach oben zunimmt. Hiergegen wandte sich

*) Schacht: Der Baum. 1853. p. 184.
**) H. v. Mohl. Bot. Zeit. p. 224 und p. 269.
***) p. 237.
†) p. 271.
††) p. 276.
†††) p. 283.
[1]) Mohl. Bot. Zeit. 1862. p. 227.
[2]) Mohl. Ein Beitrag zur Lehre vom Dickenwachstum des Stammes der dicotylen Bäume. Bot. Zeit. 1869. p. 1.
[3]) Hier liegt bei H. Fischer wohl ein Versehen vor, p. 303 unten die beiden letzten Zeilen. In dem angezogenen Aufsatz werden nur Coniferen, darunter auch die Weisstanne behandelt.

R. Hartig in seiner Arbeit „Ueber das Dickenwachstum der Waldbäume"*), in der er seine Ergebnisse in folgenden Sätzen zusammenfasst:

1) „Alle Bäume, welche im Bestandesschluss erwachsen sind, so dass ihre Kronenentwicklung zeitlich behindert wurde, die aber dabei nicht übergipfelt sind, zeigen in allen Teilen des Schaftes annähernd gleich grossen Flächen- oder Massenzuwachs, mithin nach oben zunehmende Ringbreite.

2) Bäume, welche im Bestandesschluss erwachsen, deren Kronen aber stark übergipfelt sind, so dass diese abnorm klein im Verhältniss zum Schafte sind, produzieren so wenig Bildungssaft, dass dieser beim Herabsinken schon in den oberen Baumteilen zum grössten Teil oder gänzlich verbraucht wird. Sie zeigen deutlich nach unten verminderten Zuwachs oder gänzliches Aussetzen der Jahrringbildung, gerade so, wie dies bei sehr stark ausgeästeten Bäumen der Fall ist. Die Jahrringbreite muss sich nach unten verhältnismässig noch stärker vermindern, als der Flächenzuwachs, oft bis zum gänzlichen Verschwinden.

3) Bäume mit sehr stark entwickelter Krone und infolgedessen sehr reichlicher Production von Bildungssäften zeigen eine Steigerung des Zuwachses von oben nach unten."

Hartig erwähnt dann noch, dass der unterste Teil der Bäume fast immer, je näher der Wurzel, um so mehr eine auffallende Zuwachssteigerung zeigt, welche in der Regel selbst eine bedeutende Steigerung der Jahrringbreite mit sich führt.

Gegen No. 2 der von Hartig formulierten Sätze wendet sich in neuester Zeit Frank Schwarz**). Seine Ausführungen sind folgende***): „Die Kiefern 36. 4. 5 (Tab. 84) sind derartig unterdrückte Stämme mit geringer Krone, und wenn auch eine Abnahme des Flächenzuwachses innerhalb der Krone eintritt, so hat Hartig doch übersehen, dass diese Abnahme nicht bis zur Basis des Stammes andauert. Nachdem das in verschiedener Höhe gelegene Maximum überschritten ist, findet vielmehr eine nach der Basis hinsteigende Vermehrung des Flächenzuwachses statt. Diese basale Zunahme auf die Ernährung durch andere Stämme mittelst Wurzelverwachsung zurückzuführen ist unzulässig. Das Minimum kann in der oberen Hälfte des Stammes liegen, was eine Ernährung vermittelst Wurzelverwachsung unwahrscheinlich macht.

Besonders aber ist darauf zu verweisen, dass alle Stämme eines Bestandes, gleichgültig, ob gut oder schlecht ernährt, an der Basis ein vermehrtes Wachstum zeigen. Die diesem Satze entgegenstehenden Angaben sind ungenau, weil die Stämme in diesen Fällen nicht tief genug untersucht worden sind."

Während Hartig das Verhalten der Jahresringe in den Aesten nicht untersuchte, machte Nördlinger†) darüber folgende Angabe: „Das Verhältnis der Ringbreite in den Aesten der Krone ist ungefähr gleich demjenigen eines reich beästeten jungen Baumes. Sie nimmt von der Spitze herein bis zu einer Stelle zu, wo sich der gegenseitige Drang der Aeste anfängt fühlbar zu machen. Dabei verhalten sich die Aeste einer geschlossenen Krone untereinander ohne Zweifel wie die verschiedenen Bäume eines geschlossenen Bestandes und beeinflussen sich in analoger Weise."

Was das Verhalten der in gleicher Höhe von innen nach aussen aufeinander folgenden Jahresringe anbetrifft, so lässt sich aus den Tabellen, die Hartig giebt, sehen, dass die Ringbreite und der Flächenzuwachs bis zu einem Maximum zunehmen und dann nach aussen fallen, der Flächenzuwachs aber noch steigen kann, wenn die Ringbreite schon abnimmt.

*) R. Hartig. Zur Lehre vom Dickenwachstum der Waldbäume. Bot. Zeit. 1877. p. 505.

**) Frank Schwarz. Physiologische Untersuchungen. Berlin 1899.

***) pag. 212 und 213.

†) Nördlinger. Forstbotanik 1874 p. 184.

1882 spricht Hartig dies jedoch auch ganz klar aus:*)

„Mit Ausschluss der ersten Jugendzeit, in welcher der Zuwachs noch im Vergleich zur Masse des Baumes ein sehr grosser ist, und mit Ausschluss des jugendlichen Alters eines jeden Schaftteiles oder Astes, in welchem der Querschnitt desselben noch klein ist, nimmt die Jahrringbreite im allgemeinen nach aussen**) ab, wenn auch der Flächenzuwachs oder was damit gleichbedeutend ist, der Massenzuwachs an einem bestimmten Baumteil noch in der Zunahme begriffen ist. Die Jahrringbreite allein giebt also weder für die Beurteilung des Zuwachses desselben Stammteiles, noch beim Vergleich der Zuwachsgrösse in verschiedenen Baumhöhen einen brauchbaren Anhalt, es muss vielmehr stets dabei die Stammdicke mit berücksichtigt werden, es kann mit anderen Worten immer nur die Grösse des Flächenzuwachses Aufschluss über die Wachstumsgesetze des Baumes geben.

Uebereinstimmend mit Hartig***) drückt Nördlinger†) seine Meinung dahin aus, dass im Jugendalter des Baumes schmale Ringe gebildet werden, mit zunehmender Erstarkung breitere; dies zeige sich auch darin, dass sich die maximale Ringbreite von unten nach oben immer weiter nach innen zur Mitte hin verschiebe. H. Fischer††) fand dagegen (bei Pinus Abies L.), dass nur die Wurzeln gegenüber den Stämmen in Bezug auf die Querdurchmesser ihrer Jahrringe ein übereinstimmendes Verhalten zeigen, insofern immer die innersten Jahrringe sehr eng sind, und mehr oder minder frühzeitig und allmählich ein energisches Dickenwachstum sich entwickelt, in welchem in den jüngsten Jahren wieder eine Remission eintritt.

In allerneuester Zeit war es nun Frank Schwarz†††), der die Angaben von Hartig und Nördlinger im allgemeinen bestätigte und in einigen Punkten erweiterte. Seine Untersuchungen erstreckten sich nur auf die Kiefer (Pinus silvestris). Ueber das Verhalten der Ringbreite in gleicher Höhe sagt er pag. 45 Abs. 2:

„In den an das Mark stossenden Jahrringen findet zunächst eine Zunahme der Ringbreite statt. Diese Vergrösserung der Ringbreite kann an den untersten Scheiben, welche gebildet werden, während die Pflanze noch klein ist, etwas länger dauern. In der Regel erreichen jedoch die Ringe schon mit 5—10 Jahren, eventuell noch früher ihre maximale Breite.“

Absatz 4 fährt er fort:

„Die Verhältnisse liegen anders, sobald der Flächenzuwachs in den späteren Perioden eine lebhafte Steigerung erfährt, in welchem Falle, abgesehen von einzelnen Schwankungen, ausser dem ersten Maximum noch ein zweites Maximum auftritt. Dieses zweite Maximum tritt jedoch zumeist nicht scharf hervor, ist auch nicht an allen Scheiben zu beobachten.“

Ueber den Flächenzuwachs äussert er sich p. 35 in folgender Weise:

„Bei der Untersuchung genügend alter Stämme findet man in jeder Höhe des Stammes zuerst ein Ansteigen des Flächenzuwachses bis zu einem Maximum und von da eine Abnahme des Zuwachses. Die Lage des Maximums ist bei den einzelnen Kiefern sehr verschieden, wie denn auch durch äussere Faktoren beträchtliche Schwankungen im Verlaufe der Wachstumskurve hervorgerufen werden.

Die Steigerung des Flächenzuwachses in den ersten Jahren hängt mit der Erstarkung der Achsen zusammen. Der Grad der Zuwachssteigerung ist jedoch in den einzelnen Altersstadien der Pflanze ein sehr verschiedener. Wir erkennen dies am einfachsten, wenn wir das Flächenwachstum der ersten 10 Jahre an verschieden hohen Scheiben eines Baumes untersuchen. In den ersten Jugendstadien des Baumes und dementsprechend an den basalen Scheiben steigt das Flächenwachstum nur

*) R. Hartig. Untersuchungen aus dem Forstbotanischen Institut zu München. II. Ueber die Verteilung der organischen Substanz. Berlin 1882 p. 57.

**) Bei Hartig p. 57 steht „innen“, doch geht aus dem Zusammenhang hervor, dass dies ein Druckfehler sein muss.

***) R. Hartig: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. 1891. p. 269.

†) Nördlinger. Forstbotanik p. 181.

††) 1885 Centralbl. 68 p. 316.

†††) Frank Schwarz. Physiolog. Unters.

langsam an, in dem Baumalter von 10—25 Jahren erfolgt die Steigerung am schnellsten, während später das Dickenwachstum um so langsamer zunimmt, je älter der Baum resp. je höher die Scheibe liegt.

Die Grösse des Dickenwachstums und der Zeitpunkt, in welchem dasselbe sein Maximum erreicht, ist jedoch vom Längenwachstum unabhängig, da die grosse Periode des Flächenwachstums in der Regel erst dann ihren Kulminationspunkt erreicht, wenn die Energie des Längenwachstums schon beträchtlich vermindert ist."

Ueber den Einfluss äusserer Faktoren findet sich dann noch folgende Stelle:*)

„In den ersten Jahren des Wachstums einer Scheibe überwiegt demnach die durch innere Ursachen bedingte Steigerung des Zuwachses die Einwirkung äusserer Faktoren, welche nur ausnahmsweise beträchtlichere Schwankungen hervorrufen kann. Kurven, welche aus dem Flächenzuwachs der einzelnen Jahre construiert werden, zeigen daher zumeist immer ein ziemlich gleichmässiges Aussteigen, und erst nach dem Zurücklegen dieser Jugendperiode beginnen jene beträchtlichen Schwankungen, welche durch die verschiedenen Witterungsverhältnisse bedingt sind."

In all diesen besprochenen Arbeiten sind allein ältere Bäume berücksichtigt worden. Nur Sanio hat bei der Kiefer auch einige Keimpflanzen untersucht. Mit Rücksicht auf die specielleren Fragen, die hierbei in Betracht kommen, sind aber bei diesen Arbeiten jüngere Exemplare von besonderer Bedeutung, weil aus naheliegenden technischen Gründen bei ihnen allein eine eingehendere Durchführung der Untersuchungen möglich ist.

Es erschien daher wünschenswert, zu diesem Zweck zunächst derartige Objekte zu wählen, die sich sowohl hinsichtlich ihres Entwicklungsganges als auch ihrer Grösse und Massverhältnisse nach leichter übersehen lassen.

Ich selber habe mit Rücksicht hierauf zunächst den einjährigen, sehr kräftigen ausgewachsenen Trieb von Polygonum cuspidatum untersucht.**)

Die Hauptresultate, die dabei erhalten wurden, sind folgende:

In der Internodienlänge der Hauptachse zeigt sich deutlich die grosse Periode. Die Gesamtdicke der Internodien sowie ihre Wanddicke nehmen continuierlich gegen die Spitze ab.

Von den daran beteiligten Geweben nehmen am stärksten das Mark und die Rinde ab, weniger das Leitungsgewebe. In letzterem verringert sich am meisten die Grösse des secundären Holzteiles, dann folgen der primäre Holzteil, der mit der inneren Fasersichel verbunden ist, die äussere Fasersichel und zuletzt der Siebteil.

Es erfahren aber nicht nur die einzelnen Teile oder Gefässbündel eine Reduction; eine solche tritt auch in der Zahl der Bündel nach oben hin ein. Im secundären Holzteil der Bündel verringert sich auch die Zahl der Gefässe, wie folgende kleine Tabelle zeigen mag.

Zahl der Gefässe in einem Bündel

Internodium	1.	3.	12.	18.	24.	30
Typus 2	12	9	7	7	5	5
Typus 3	7	6	4	5	3	2

Die Gefässweite steigt von der Basis des Triebes bis in das 3. -5. Internodium, wo das Maximum erreicht wird, um dann gegen die Spitze zu sinken. Aehnlich verhält es sich mit der Länge der Bastfasern, die im 9. Internodium ihr Maximum erreicht. Ein etwas abweichendes Verhalten zeigen die Markzellen. Während ihre Weite von unten nach oben continuierlich fällt, steigt ihre Länge bis zu einem Maximum im 12.—18. Internodium, um von dort wieder zu fallen. Viel stärker aber als die Grösse der Markzellen nimmt ihre absolute Zahl ab.

*) p. 37.

**) J. Hämmerle. Zur physiologischen Anatomie von Polygonum cuspidatum Sieb. et Zuccar. Göttingen 1898. Dissertation.

Ausser der Hauptachse wurde noch die Achse des Blütenstandes kurz untersucht. In dieser zeigte sich eine ganz enorme Vermehrung der parenchymatischen Gewebe im Verhältnis zur Internodiendicke, eine abnorme Internodiendicke im Vergleich zur Internodienlänge. Im Bündel zeigte der Gefässteil nur eine ganz geringe Zunahme, der Siebteil dagegen eine bedeutende Vergrösserung. Auch ist der Siebteil sehr reich an Inhaltsmassen, namentlich an Gerbstoff.

Ueber die Verteilung der Stärke in der Hauptachse konnte ich folgendes feststellen. Die grössten Stärkemengen finden sich in den untersten und dann wieder im 18.—20. Internodium. Zwischen diesen beiden Stärkemaxima existiert ein Stärkeminimum in der Gegend des 4. Internodiums. Die Verteilung der Stärke in den verschiedenen Geweben ist folgende:

Das Mark hat an der Basis fast gar keine, an der Spitze fast allein Stärke. Die Markstrahlen zeigen genau das umgekehrte Verhalten. Mark- und Markstrahlzellen sind die hauptsächlich stärkeführenden Elemente. Die Stärkescheide kommt dann erst in zweiter Linie. Sie enthält nur dort viel, wo überhaupt viel Stärke vorhanden ist. Bei grossem Stärkegehalt dienen auch namentlich die Holzfasern des secundären Holzteils als Ablagerungsorte. Wo dieser sehr kräftig entwickelt ist, wie in den unteren Internodien, ist deutlich zu sehen, dass er namentlich im mittleren Drittel sehr viel enthält, während das äussere, an das Cambium angrenzende Drittel fast leer ist. Nur in seltenen Fällen besitzt der Siebteil Stärke.

Es ist also bei Polygonum cuspidatum die grosse Periode im anatomischen Bau scharf nachweisbar.

Bestätigt wird aber auch hier, worauf schon Sanio aufmerksam machte, dass die verschiedenen Elemente in sehr verschiedener Höhe ihre maximale Ausbildung erreichen und in dieser Richtung von einander unabhängig sind.

Die vorliegenden Untersuchungen sollen nun eine Ergänzung und Erweiterung der bisherigen Angaben nach verschiedenen Richtungen geben.

Zunächst sollte die morphologische und anatomische Entwicklung eines Baumes in den ersten Lebensjahren genau verfolgt, und dabei auch die Unterschiede, die zwischen Wurzel und Achse einerseits und zwischen Achse und Zweig andererseits bestehen, mit in den Kreis der Beobachtungen einbezogen werden.

Diese Untersuchungen sind an eigens dazu gezogenen und sorgfältig ausgesuchten Exemplaren von Acer Pseudoplatanus durchgeführt worden. In ergänzender Weise sind dann auch einige andere Objekte mit berücksichtigt worden.

Ueber die Art und Weise, wie die Untersuchungen durchgeführt sind, ist noch folgendes vorauszuschicken.

Die Schnitte wurden überall, wenn nicht ausdrücklich das Gegenteil angegeben, aus der Mitte der Internodien genommen. Der Untersuchung der Haupttriebe lag das Prinzip zu Grunde, Schnitte aus $^1/_4$, $^1/_2$ und $^3/_4$ der Höhe zu bekommen, manchmal auch noch von dazwischen liegenden Stellen. Es wurde immer die Mitte des Internodiums untersucht, in dem die gesuchte Höhe erreicht war. Ebenso wurde auch bei den Zweigen verfahren, nur dass dort noch das 1. Internodium dicht an der Ansatzstelle untersucht wurde. Es wurden dann ferner die Verhältnisse in der Mitte des Hypocotyls, am Wurzelhals und in der Wurzel festgestellt.

Bei der anatomischen Prüfung wurden die Jahresringbreiten und die Dicke von Mark und Rinde gemessen, entweder, wie bei starken Objekten mit dem Millimetermassstab oder unter dem Mikroskop mit dem Ocularmicrometer von Winkel. [Oc.-Micr. und Objektiv No. 3 von Winkel mit nicht ausgezogenem Tubus . Oc.-Micr. + Ob. 3^e.]*) Der Radius des Gesichtsfeldes war r = 0,54 mm,

*) ^{e} bedeutet: mit nicht ausgezogenem (eingezogenem) Tubus, ^{a} mit ausgezogenem Tubus.

die Masseinheit t_2 = 9,7 μ. Die Anzahl der Gefässe wurde für eine Flächeneinheit festgestellt. Als solche wurde das Gesichtsfeld bei Obj. 7^e, Oc. II gewählt. [r = 0,208 mm]. Es wurden dann sämtliche Gefässe auf dem Gesichtsfeld gezählt und aus je zehn Zählungen das Mittel genommen. In dieser Einheit wurde auch der Flächenzuwachs angegeben, um dann leicht die absolute Anzahl der Gefässe berechnen zu können.

Die Weite der Gefässe wurde mit Ob. 7^e, Oc.-Micr. [t_3 = 2,92 μ.] gemessen, und aus den jedesmal zehn weitesten der untersuchten Schnitte das Mittel genommen.

An den einjährigen Exemplaren waren diese Untersuchungen zuerst mit Ob. 8^a ausgeführt worden. Die Resultate wurden aber nachher zwecks besserer Vergleichung umgerechnet.

Die Zählung der Markstrahlen wurde bei Ob. 3^e Oc. II vorgenommen [r = 0,54 mm].

Zur Bestimmung der Bastfaserlänge bei Polygonum wurden die betreffenden Internodien mazeriert.

In meiner Dissertation hatte ich schon das folgende Verfahren angewandt: Die Objekte wurden in kaltes Eau de Javelle gesetzt, das jede Woche erneuert wurde. Je nach der Stärke des Eau de Javelle waren die Stücke nach 5—8 Wochen soweit mazeriert, dass man die Elemente durch kräftiges Schütteln vollständig isolieren konnte.

Als es sich später als notwendig erwies, weitere Ergänzungsuntersuchungen anzustellen, mochte ich nicht so viel Zeit daran wenden und versuchte daher mit gutem Erfolg eine zeitsparende Methode. Die Objekte wurden nämlich in einem Reagenzglas mit Eau de Javelle auf dem Wasserbad zwei Tage je acht Stunden bei einer Temperatur von 60—70^0 gehalten.

Das Eau de Javelle wurde jeden Tag gewechselt. Am Morgen des dritten Tages zerfielen die Stücke schon bei mässigem Schütteln in ihre Bestandteile. Auch diese Methode ist eine sehr schonende.

Von jedem Internodium wurden dann die grössten Fasern in der Weise bestimmt, dass aus den Gefässen, in denen sie mazeriert waren, Proben auf Glassplatten gebracht und unter dem Mikroskop sorgfältig untersucht wurden. Aus jeder Probe wurden die 2—3 längsten Fasern notiert. Im ganzen wurden überall je dreissig gemessen und in den Tabellen verzeichnet. Die Masseinheit beträgt t_1 = 15.1 μ.

Ueber das Untersuchungsmaterial ist folgendes zu bemerken: Die in den verschiedenen Jahren ausgesäten Früchte stammten nicht von demselben Exemplar. So erklärt es sich, dass die Exemplare, die im Sommer 1898 ihre zweite Vegetationsperiode durchmachten, sämtlich zum zweiten Male austrieben, während dies bei den anderen Jahrgängen nicht der Fall war.

Untersucht wurden drei einjährige Exemplare I a, I b, I c, zwei zweijährige II a, II b und eine zweijährige Wurzel II c, ferner zwei dreijährige III a, III b und drei vierjährige IV a, IV b, IV c. IV c war ein verkümmertes Exemplar, II a und II b besassen im zweiten Jahr, III b im dritten Jahr einen doppelten Jahrestrieb.

Ausserdem wurden zur Ergänzung der an Acer gewonnenen Resultate noch einige andere Objekte untersucht: eine Buche, eine Eiche, ein Sorbus, ein Jahrestrieb von der Erle und ein Trieb von Polygonum cuspidatum.

Tabellen.

Einjährige Exemplare.

I a.

Exemplar I a, aufgehoben am 20. Oktober 1898, war ein schwaches, aber nicht unterdrücktes, ziemlich regelmässig gewachsenes Exemplar, von einer Länge von 170,5 mm. Die Blätter waren bereits abgefallen; die Winterknospe 7 mm lang. Die Hauptwurzel war, vom Wurzelhals an gerechnet etwa 250 mm lang. Doch war sie nicht vollständig aus dem Boden herausgebracht; es fehlte die äusserste Spitze. Es entsprangen etwa sechs kräftige Nebenwurzeln von 100—300 mm Länge auf einer Strecke von 50 mm. Die Hauptwurzel wurde nur bis zu 70 mm unter dem Wurzelhals untersucht, wo sie noch die Dicke von 4 mm besass. An der Hauptwurzel waren frisch gewachsene Nebenwurzeln vorhanden.

Dieses Exemplar wurde auch auf das Vorkommen und die Verteilung von Stärke untersucht. Die Hauptresultate sind folgende:

Im Stamm war sehr viel Stärke. Es fand eine beträchtliche Zunahme von oben nach unten statt. Diese setzte sich weiter in der Wurzel fort, die geradezu enorme Massen enthielt, und nach unten hin immer reicher wurde. Im Stamm enthielt die Rinde gar keine Stärke, das Mark nur in seinen peripheren Regionen, die an das Holz sich anlagern. Zerstreut fanden sich aber auch in der Mitte des Markgewebes einige stärkeführende Zellen. Bemerkenswert ist, dass die Verhältnisse hier den in meiner Dissertation für Polygonum beschriebenen gleichen. Es ändert sich auch hier die Verteilung der Stärke in den Geweben in ähnlicher Weise wie bei Polygonum cuspidatum.

Während an der Spitze des Triebes in den obersten Internodien das Holz nur in der Nähe des Markgewebes viel Stärke enthält, und dort auch die peripherischen Markzellen das Maximum ihres Stärkereichtums besitzen, findet sich an der Basis des Stammes Stärke im ganzen Holz gleichmässig verteilt, besonders aber in den Markstrahlen, während im Mark viel weniger vorhanden ist.

In der Wurzel waren alle Gewebe auch Rinde und Mark vollständig mit Stärke angefüllt. Im Mark fanden sich allerdings schon in der Nähe des Wurzelhalses tote, stärkefreie Zellen.

Die Wurzel hatte zu dieser Zeit (20. Oktober) ihre cambiale Thätigkeit noch nicht eingestellt. Daher erschien auch bei der Jodbehandlung zwischen der Rinde und dem Holzteil ein heller Ring, in dem keine Stärke lagerte.

Zum Vergleich wurde auch ein Zweig von einem mehrjährigen Exemplar auf Stärke untersucht. Es zeigte sich, dass dort das ganze Holz mit Stärke dicht gefüllt war, das Cambium sich im Ruhezustand befand.

Hauptachse und Zweig hatten also am 20. Oktober 1898 ihr Dickenwachstum vollständig abgeschlossen, während dies bei der Wurzel noch nicht der Fall war. Achse und Zweig hatten auch ihr Längenwachstum durch Bildung einer Winterknospe zum Abschluss gebracht, während an den Wurzeln Neubildungen gefunden wurden.

Tabelle 1.

Länge und Dicke der Internodien.

Entfernung der Internodien von der Basis in Bruchteilen der Trieblänge.	Internodium	Länge	Dicke	
	Endknospe	7 mm		
	9	15	1,8 mm	
$^7/_8$	8	13	2	
$^3/_4$	7	19	2,2	
	6	23		
$^1/_2$	5	**32**	2,5	
$^1/_4$	4	25		
	3	23		
	2	5,5		Gesamtlänge des
	1	8	3,5	Jahrestriebes 170,5 mm
	Hypocotyl	36	4	
	Wurzelhals		5	
	Wurzelhals — 30*) mm		6	
	— 70		4	

Tabelle 2.

Grösse der Radien von Mark, Holz und Rinde.

Höhe	Internodium	Mark	Holz	Rinde
	9	$50\,t_2$**)	$17{,}5t_2$	$32{,}5t_2$
$^7/_8$	8	**52,5**	20,5	30,5
$^3/_4$	7	50	35	32,5
$^1/_2$	5	40	56	29,5
$^1/_4$	4	39	66	36
	1	20	115	47,5
	Hypocotyl	37	125	47
	Wurzelhals	47	160	57
	W.-H. — 10 mm	45	210	57
	— 30	27	**250**	60
	— 60	15	190	70

*) Wurzelhals — 30 mm bedeutet, dass eine Stelle gemeint ist, die sich 30 mm unter dem Wurzelhals befindet.

**) $t_2 = 9{,}7\ \mu$ (vergl. pag. 10 und 11).

Tabelle 3.

Weite, relative und absolute Anzahl der Gefässe und Grösse des Flächenzuwachses.

Höhe	Internodium	Weite	Anzahl auf einer Flächeneinheit*)	Absolute Anzahl**)	Flächenzuwachs***)
	9	6,36 t_3	100,44	383	3,6
$^7/_8$	8	7,25	100,44	478	4,7
$^3/_4$	7	8,97	79,56	696	8,6
$^1/_2$	5	**12,88**	38,52	543	14,1
$^1/_4$	4	11,62	32,04	564	17,5
	1	11,21	21,6	673	31,1
	Hypocotyl	**10,37**	18,72	862	46,1
	Wurzelhals	11,47	**11,16**	**839**	77,2
	W.-H. — 10 mm	12,25	12,96	1511	116,6
	30	13,66	13,32	1874	140,5
	60	13,55	9,72	752	77,5

I b.

Exemplar I b wurde am 21. März 1898 von Herrn Dr. Laubert, meinem Vorgänger in der Assistentenstelle am Pflanzenphysiologischen Institut zu Göttingen, aufgehoben. Die morphologischen Daten und die Schnitte stammen von demselben ebenso wie bei Exemplar I c und III a.

Die micrometrischen Werte über die Weite und relative Anzahl der Gefässe wurden von mir sorgfältig controlliert und ergänzt. Die Knospen hatten noch nicht zu treiben begonnen. Die Hauptwurzel war nur bis zu 280 mm unter dem Wurzelhals aus der Erde herausgeholt, wo sie eine Dicke von 1,5—2 mm besass.

Tabelle 4.

Länge und Dicke der Internodien und der Wurzel.

Höhe	Internodium	Länge	Dicke	Wurzel	Dicke
	13	5	2,5 mm	Wurzelhals	8 mm
	12	25	3	W.-H. — 10 mm	9
$^7/_8$	11	30	3,25	— 60	8
$^3/_4$	10	**50**	4	— 100	7
	9	27		— 190	3,5
$^1/_2$	8	31	4,25	— 280	1,5–2
	7	20			
	6	12			
	5	10			
	4	10	5,75		
$^1/_4$	3	15			
	2	14		Gesamtlänge des Jahrestriebes 269 mm.	
	1	12	6,75		
	Hypocotyl	28	7,2		

*) **)***) vergl. pag. 11.

Tabelle 5.

Grösse der Radien von Mark, Holz und Rinde.

Höhe	Internodium	Mark	Holz	Rinde
	12	85 t_2	30 t_2	40 t_2
7/8	11	90	60	40
3/4	10	100	70	40
1/2	8	90	90	40
	4	50	195	50
1/4	2	35	220	50
	1	30	240	60
	Hypocotyl	45	310	75
	Wurzel-Hals	50	320	65
	W.-H. — 10 mm	25	**415**	60
	— 60		360	60
	— 100		330	60
	— 190		170	40
	— 280		60	15 — 20

Tabelle 6.

Weite, relative und absolute Anzahl der Gefässe und Grösse des Flächenzuwachses.

Höhe	Internodium	Weite	relative Anzahl	absolute Anzahl	Flächen-Zuwachs
	12	8,65 t_3	43,56	480	11,1
7/8	11	10,01	34,56	960	26,6
3/4	10	10,90	31,32	1071	35
1/2	8	11,26	25,16	1312	45
1/4	4	**11,89**	19,8	2109	106,4
	1	11,05	19,08	2544	133,3
	Hypocotyl	**10,27**	16,36	3804	230
	Wurzel-Hals	10,58	10,08	**2508**	249
	W.-H. — 10 mm	11,26	**9,72**	3350	357
	— 60	12,36	10,08	2419	240
	— 100	13,40	10,08	2133	202
	— 190	14,91	13,32	714	54
	— 280	16,74	19,8	132	6,6

I c.

Exemplar I c wurde am 21. März 1898 ebenfalls von Herrn Dr. Laubert aufgehoben. Die Knospen waren noch in Ruhe. Die Hauptwurzel war bis zu 410 mm unter dem Wurzelhals ausgegraben. Sie besass dort eine Dicke von 1—1,2 mm. Die Weite und die relative Anzahl der Gefässe wurde von Herrn Dr. Laubert festgestellt, von mir revidiert.

Tabelle 7. Länge und Dicke der Internodien.

Höhe	Internodium	Länge	Dicke
	14	7 mm	2,5 mm
	13	45	3
7/8	12	50	3,25
3/4	11	65	4
	10	65	
	9	65	
1/2	8	**70**	5,5
	7	50	
	6	35	
1/4	5	40	7
	4	40	
	3	38	
	2	30	8,5
	1	17	9
	Cotyledonen*)		9,75
	Hypocotyl	40	10
	Wurzelhals		11,5
	W.-H. — 20 mm		12,5
	70		11
	110		10
	190		8
	310		5—6
	410		1—1,2

Gesamtlänge des Jahrestriebes 617 mm.

Tabelle 8. Grösse der Radien von Mark, Holz und Rinde.

Höhe	Internodium	Mark	Holz	Rinde
	13	85 t_2	24 t_2	40 t_2
7/8	12	90	30	40
3/4	11	100	60	40
1/2	8	90	140	40
1/4	5	65	220	55
	2	45	325	60
	1	40	350	70
	Hypocotyl	40	470	90
	Wurzelhals	50	516	70
	W.-H — 20	28	**620**	85
	70		580	80
	110		480	75
	190		380	75
	310		200	60
	410		42	20

*) Ansatzstelle der Cotyledonen.

Tabelle 9.

Weite, relative und absolute Anzahl der Gefässe und Grösse des Flächenzuwachses.

Höhe	Internodium	Weite	relative Anzahl	absolute Anzahl	Flächen-Zuwachs
	13	5,53 t_3	90—108	837	8,6
$^7/_8$	12	8,92	72	924	11,6
$^3/_4$	11	10,32	49,32	1425	29
$^1/_2$	8	12,41	32,4	2655	82
$^1/_4$	5	**14,08**	27,72	3950	198
	1	12,10	27,36	7623	279
	Hypocotyl	**10,95**	16,56	7926	479
	W.-H.	11,05	10,8	**6222**	578
	W.-H. — 20 mm	12,41	**10,44**	8103	776
	— 70	13,66	10,8	6729	623
	— 110	14,08	12,24	5222	426
	— 190	15,69	14,76	3948	268
	— 310	16,89	16,56	1228	74
	— 410	13,81	44,64	149	3,3

Tabelle 10.

Anzahl der Markstrahlen auf der Flächeneinheit.

Höhe	Internodium	Anzahl
	13	32,2
$^3/_4$	11	24,4
$^1/_2$	8	20,4
$^1/_4$	5	19
	1	15,4
	Hypocotyl	14,4
	W.-H.	13,4
	W.-H. — 70 mm	11,8
	— 190	**11,6**
	— 310	12,6
	— 410	20

Zweijährige Exemplare.

Es wurden zwei Exemplare II a und II b, die am 4. September 1898 aus dem Garten geholt waren, untersucht. Diese Exemplare zeigten wie alle übrigen zweijährigen einen doppelten Jahrestrieb. Es wurde nur der Jahrestrieb untersucht, der im zweiten Jahr gebildet worden war.

II a.

Tabelle 11. Länge und Dicke der Internodien.

II*)	Internodium	Länge	Dicke
	18	6 mm	4 mm
	17	40	4
	16	70	4,5
	15	80	5
	14	90	6
	13	84	7
	12	84	7,5
	11	77	8
	10	75	8
	9	90	8
	8	54	8
	7	46	8,5
	6	73	9
	5	80	10
	4	112	10,5
	3	**137**	11
	2	70	12
	1	5	12
I*)		450 mm	

Trieb II = 1273 mm
„ I = 450 mm
Gesamtlänge = 1723 mm

Tabelle 12. Grösse der Radien von Mark, Holz und Rinde.

Internodium	Mark	Holz	Rinde
17	1 mm	0,5 mm	0,4 mm
12	1,75	1,5	0,4
11	1,75	1,75	0,4
10	1,75	2	0,4
9	1,5	2	0,4
8	1,5	2,1	0,4
7	1	2,75	0,4
6	1	3,25	0,4
5	1	3,5	0,4
2	1,5	4	0,4

*) I = erster (unterster), II = zweiter Jahrestrieb.

Tabelle 13. Weite der Gefässe, Zahl der Markstrahlen und der gerbstoffhaltigen Markzellen auf der Flächeneinheit*).

Internodium	Weite der Gefässe	relative Anzahl der Markstrahlen	rel. Anzahl der gerbstoffhaltigen Markzellen
17	10 t_3	30 – 40 Prim.-Holz	11
12	13,7	19,2	8,4
11	15,3	16,8	8
10	15,5	17,6	8,2
9	15,8	14,4	7,6
8	16,4	14,2	7,6
7	16,5	12,8	7,2
6	17,2	11,2	10,6
5	17,2	11	9
2	17,2	9,6	7,8

II b.

Tabelle 14. Länge und Dicke der Internodien.

	Internodium	Länge	Dicke
II	17	40 mm	4 mm
	16	65	4
	15	85	4,5
	14	75	5
	13	48	5,75
	12	20	6,5
	11	8	7,25
	10	10	7,5
	9	55	6,5
	8	55	7
	7	80	7,5
	6	82	8
	5	106	8,5
	4	157	9
	3	148	10
	2	74	11
	1	12	11,5
I		470	

Trieb	II	1120 mm
„	I	470 „
Gesamtlänge		1590 mm

*) Der Radius der Flächeneinheit betrug aber für die Markstrahlen r = 0,54 mm, für die Markzellen r = 0,208 mm.

Tabelle 15.

Grösse der Radien von Mark, Holz und Rinde.

Internodium	Mark	Holz	Rinde
17	1 mm	0,9 mm	0,3 mm
13	1,5	1	0,3
11	1,75	1,25—1,5	0,4
10	1,5	1,9	0,4
9	1,25	1,9	0,4
3	1,5	3,5	0,4
2	1,5	3,5	0,5
1	2	3	0,6

Tabelle 16.

Weite der Gefässe,
Zahl der Markstrahlen und gerbstoffführenden Markzellen auf der Einheit.

Internodium	Weite der Gefässe	Anzahl der Markstrahlen	Anzahl der gerbstoff-haltigen Markzellen
17	8 t_3	35(Prim.-H.)	10,3
13	13,5	20,2	6,7
11	14,7	18,4	5,4
10	15	18	5,1
9	15,2	17,4	7,5
3	15,9	14	6,8
2	**16**	12,8	6,7
1	15,5	13	4,2

II c.

Wurzel eines zweijährigen Exemplars.

Diese genauer untersuchte zweijährige Wurzel stammte von einem am 2. März 1899 aufgehobenen Exemplar. Der untersuchte, fast vollständige Teil hatte eine Länge von 720 mm.

Tabelle 17. Grösse der Radien von Mark, Holz und Rinde.

	Mark	I (innerster)	II Ring	Rinde
1. Internodium	36 t_2	160 t_2	225 t_2	55 t_2
Hypocotyl	45	205	260	80
W.-H.	20	250	240	70
W.-H. — 50 mm	10	260	220	60
— 150	—	150	180	60
— 300		80	150	70
— 400		75	140	40
— 500		50	90	40
— 600		35	30—80	30
— 700		25	45	30

Tabelle 18. Weite und relative Anzahl der Gefässe und Anzahl der Markstrahlen auf der Flächeneinheit.

	Weite		relative Anzahl		rel. Anzahl d. Markstrahlen	
	innerer	äusserer Ring	innerer	äusserer	innerer	äusserer
1. Internodium	13,2	17,2 t_3	7,9	5,4	18,4	15,4
Hypocotyl	**11,8**	**14,8**	5,5	4,7	17	14
W.-H.	13,5	15,7	**4,3**	**3,9**	15,8	13,6
W.-H. — 50 mm	15,2	15,9	6,6	5	**12,8**	**10,2**
— 150	16,6	23	6,8	5,4	14,4	12,6
— 300	19,2	23,2	10,3	8	41*)	13,8
— 400	**19,8**	23,8	11,0	8,4	45*)	15,6
— 500	18	25,3		9,2	46*)	15,8
— 600	12	26,4		10,3		55*)
— 700		27		11,6		60*)

Dreijährige Exemplare.

III a.

Exemplar III a wurde am 2. April 1898 von Herrn Dr. Laubert aufgehoben. Es war regelmässig gewachsen. Die Knospen befanden sich noch in Ruhe. Es war dicht am Wurzelhals abgehauen, so dass auf eine Untersuchung der Wurzel verzichtet wurde. Die basalen Internodien des ersten Triebes besassen ruhende Knospen, während sich weiter nach oben kleine Zweige von 2—3 Internodien gebildet hatten. Ueber die Weite und relative Anzahl der Gefässe hatte hier Herr Dr. Laubert nur einige provisorische Messungen gemacht.

*) Hier deckte sich das Gesichtsfeld beinahe mit der gesamten Holzfläche. Die Markstrahlen wurden also alle gezählt.

Tabelle 19.

Länge und Dicke der Internodien.

Höhe	Trieb	Internodium	Länge	Dicke
	III.	12	3 mm	
		11	15	4,5 mm
		10	45	4,5
		9	55	
		8	75	
3/4		7	90	7
		6	95	
1/2		5	125	8
1/4		4	**175**	8
		3	130	9
		2	50	9,5
		1	13	
	II.	10	2	
		9	35	10
		8	60	
		7	95	10,5
3/4		6	100	
1/2		5	115	12
		4	130	
1/4		3	**175**	
		2	93	14
		1	12	
	I.	16	20	15
		15	35	
		14	55	
		13	**80**	
3/4		12	75	
		11	75	
1/2		10	72	16
		9	58	
		8	45	
		7	50	
1/4		6	50	17
		5	43	
		4	41	
		3	28	
		2	23	
		1	20	20
		Hypocotyl	35	20

Trieb III 871 mm
„ II 817 „
„ I 770 „
Gesamtlänge 2458 mm

Ein Seitenzweig von Trieb II mass 374 mm.

Tabelle 20.

Grösse der Radien von Mark, Holz und Rinde.

Höhe	III.	Internodium	Mark		Holz		Rinde
		12		i.**)	m.	a.	
		11	125 t_3			55 t_3	50 t
		10	130			70	52
3/4		7	145			120	55
1/2		5	152			165	60
1/4		4	160			195	60 t_3
		3	175			235	60
		2	175			260	65
		1					
	II.	10					
		9	125		65 t_3	275	65
		7	125		110	280	65
1/2		5	145		145	240	70
1/4		3	155		200	235	70
		2	145		250	242	75
		1	150		255	255	75
		0*)	150		280	265	75
	I.	16	75	15 t_3	300	270	75
		15	90	30	280	260	75
3/4		12	120	80	255	280	75
1/2		10	110	120	210	315	75
1/4		6	70	200	260	295	80
		3	40	245	285	306	85
		1	27	295	275	330	85
		Hypocotyl	27	340	280	330	90
		W.-H.	35	365	285	330	90

*) 0 bedeutet Knospenspur.

**) i. = innerster, m = mittlerer, a. = äusserster Ring.

Tabelle 21.

Grösse des Flächenzuwachses in Einheiten.

Höhe		Internodium	i.	m.	a.
	III.	12			
		11			112
		10			144
$^3/_4$		7			328
$^1/_2$		5			516
$^1/_4$		4			669
		3			916
		2			1057
		$\frac{1}{10}$			
	II.	9		136	1201
		7		264	1400
$^1/_2$		5		420	1312
$^1/_4$		3		680	1402
		2		900	1665
		$\frac{1}{0}$		943	1740
		$\frac{0}{16}$		1083	1987
	I.	15	7,5	960	1890
		12	42	971	1837
$^3/_4$		10	171	1113	2221
$^1/_2$		6	272	938	2509
$^1/_4$		3	453	1387	2665
		1	531	1624	2950
		Hypocotyl	686	1785	3353
		W.-H.	893	1893	3573
			1058	2061	3740

Tabelle 22.

Weite der Gefässe.

Höhe		Internodium	i.	m.	a.
	III.	12			
		11			12,37 t_3
		10			13,98
$^3/_4$		7			15,3
$^1/_2$		5			16,14
$^1/_4$		4			16,39
		3			16,64
		2			18
		1			
		10			
	II.	9		14,41 t_3	19,49
		7		15,6	20,23
		5		16,52	21,09
$^1/_2$		3		16,52	**21,28**
$^1/_4$		2		16,52	20,72
		1		**19,05**	20,23
		0		18,68	20,17
		16	8,17 t_3	18,31	19,79
	I.	15	9,09	18,31	19,11
		12	13,11	18,74	19,36
$^3/_4$		10	**16,70**	**19,42**	**19,49**
$^1/_2$		6	16,64	19,3	19,42
$^1/_4$		3	15,77	18,25	19,11
		1	13,98	16,76	18,93
		Hypocotyl	**12,99**	**16,0**	**18,68**
		W.-H.	16,39	19	21,09

Tabelle 23.

Relative Anzahl der Gefässe [auf der Flächeneinheit].

Höhe		Internodium	i.		a.
	III.	12			
		11			30,2
		10			27,8
$^3/_4$		7			23,7
$^1/_2$		5			20,8
$^1/_4$		4			18,72
		3			16,12
		2			15,6
		1			
	II.	10			
		9		24,18	15,9
		7		23,66	15,6
$^1/_2$		5		18,2	15,3
$^1/_4$		3		17,42	14,6
		2		15,6	13,3
		1		15,6	12,5
		0		15,6	11,2
	I.	16	[78]*)	15,3	11,7
		15	52	15,8	11,4
$^3/_4$		12	26,52	13,8	9,6
$^1/_2$		10	18,72	11,4	9,4
$^1/_4$		6	15,6	10,4	9,1
		3	13,52	9,4	8,8
		1	11,96	8,1	7,8
		Hypocotyl	10,4	7,8	6,8
		W.-H.	7,02	5,4	4,7

*) Die eingeklammerten Zahlen geben die Gefässe im Primärholz an.

Tabelle 24. Absolute Anzahl der Gefässe.

Höhe		Internodium	i.		a.
	III.	12			
		11			1299
		10			1541
3/4		7			2985
1/2		5			4127
1/4		4			4817
		3			5670
		2			6342
		1			
	II.	10			
		9		1265	7326
		7		2402	8400
1/2		5		2940	7741
1/4		3		4556	7851
		2		5400	8491
		1		5658	8352
		0		6498	8544
	I.	16	225	5646	8505
		15	850	5923	8083
3/4		12	1744	5899	8218
1/2		10	1958	4147	9032
1/4		6	2718	5548	9827
		3	2761	5846	10030
		1	3155	5223	10059
		Hypocotyl	3572	5679	9269
		W.-H.	**2858**	**4123**	**6732**

Tabelle 25. Anzahl der Markstrahlen auf der Flächeneinheit.

Höhe	III.	Internodium	i.	m.	a.
		11			31,7
		3			16,1
	II.				
		7		23,3	
1/4		3		17	16
		1		16,1	
	I.				
		16	26		
1/2		10	21		14,7
		Hypocotyl			14,3
		W.-H.	18,5		13

III b.

Am 18. Dezember 1899 wurde ein dreijähriges Exemplar aufgehoben, das im dritten Jahre einen doppelten Jahrestrieb gebildet hatte. Die Winterknospe war schon vollständig ausgebildet, als es zum zweitenmal zu treiben begann. Auch die beiden Knospen unterhalb der primären Winterknospe waren besonders kräftig entwickelt.

Tabelle 26.

Länge und Dicke der Internodien.

III.	Internodium	Länge				
	4	2 mm	4 mm			
	3	18	4			
	2	31	4			
	1	4	4,5			
	Knospenspur*)	5	7			
	9	83	5			
	8	80	5			
	7	83	6			
	6	130	7			
	5	145				
	4	180				
	3	163				
	2	115				
	1	23	12	Trieb	III	1062 mm
II.				„	II	550
		550	15**)	„	I	10
I.				Gesamtlänge:		1622 mm
		10				

*) Im dritten Jahr ist ein doppelter Jahrestrieb entstanden

**) Am 1. Internodium dieses Jahrestriebes.

Tabelle 27. Grösse der Radien von Mark, Holz und Rinde.

Internodium	Mark	Holz	Rinde
4			
3	1 mm	0,5 mm	0,2 mm
2	1,25	0,6	0,2
1	1,75	0,75	0,3
0			
9	1,25	1	0,4
8	1,25	1	0,4
7	1,25	1	0,4
6	1,5	1,5	0,4

Tabelle 28. Weite der Gefässe und Anzahl der Markstrahlen und gerbstofffführenden Markzellen auf der Flächeneinheit.

Internodium	Weite der Gefässe	Anzahl der Markstrahlen	Anzahl der gerbstoffhaltigen Markzellen
3	10 t_3	40	9,4
2	11,5	30	7
1	13	25	6
9	14,9	17	9,6
8	15,3	14,6	9
7	15,6	14,6	7
6	15,7	13,4	5

Vierjährige Exemplare.

IV a.

Am 30. Januar 1899 wurde ein vierjähriges Exemplar aus dem Garten geholt und frisch untersucht. Es war sehr gut entwickelt, von kräftigem Bau, schlank und regelmässig gewachsen. Von der Wurzel wurde nur ein kleines Stück mit herausgeholt. Der Baum mass von den Cotyledonen an gerechnet 5360,5 mm. Vom Cotyledonenansatz bis zum Wurzelhals, auf einer Strecke von 70 mm Länge, fand die stärkste Dickenzunahme, nämlich von 46,5 mm auf 56,5 mm statt.

Die sechs letzten und längsten Zweige des dritten Jahrestriebes besassen eine doppelte Triebperiode.

Die Farbe des Holzes der verschiedenen Jahresringe im frischen Zustande war verschieden. Vom dritten Jahrestrieb an war das Holz sehr intensiv grün gefärbt, im zweiten und ersten schwächer. In gleicher Höhe nahm die Intensität von innen nach aussen ab. Im ersten Jahrestrieb war der innerste Jahresring mit dem Primärholz und dem angrenzenden Mark viel stärker gefärbt als die folgenden Jahresringe. Im Hypocotyl war allein das Mark oder doch nur die Primärholzgrenze grün gefärbt. Beim Wurzelhals hörte die grüne Färbung auf und machte einer gelblichweissen Platz. Im ganzen Stamm hoben sich noch besonders die Markstrahlen durch ihre intensiv grün-gelbliche Farbe ab. In den Zweigen zeigten sich die gleichen Verhältnisse. Auch hier war der innerste Jahresring stärker gefärbt als der zweite, äussere.

Das Mark besass hier eine fast ganz weisse Farbe. Der jüngste Jahrestrieb des Zweiges zeigte ein sehr lebhaftes Grün.

Im Vergleich zum Stamm sind die Zweige intensiv gefärbt. Schneidet man quer durch das Stamminternodium an der Ansatzstelle der grossen Zweige, so wird der Unterschied in sehr schöner Weise sichtbar.

Tabelle 29.

Länge und Dicke der Internodien.

Höhe	Trieb	Internodium	Länge	Dicke	Länge der Zweige		
	IV.						
		Knospe	10 mm				
		19	10	3 mm			
		18	32	3,5			
		17	50	4,5			
		16	70	5			
3/4		15	78	6			
		14	83	6			
		13	85	7			
		12	86	8			
		11	110	9			
		10	110	9			
		9	90	10			
1/2		8	125	10			
		7	125	11			
		6	96	12			
1/4		5	**175**	12,5			
		4	170	14			
		3	130	15			
		2	45	16			
		1	5	17	Knospe ein wenig getrieben.		
		0	7				
	III.	15	4	17			
		14	23	17	15 mm	10 mm	
		13	67	18	**925***)	830	
		12	67	19	520	400	
3/4		11	74	19	800	600	
		10	69	19,5	145	etc.	von den beiden gegenständigen Zweigen immer nur der längste gemessen.
		9	80	20	75		
		8	85	20,5	85		
		7	85	22	55		
1/2		6	110	22	356		
		5	160	22	80		
1/4		4	110	23	34		
		3	**185**	24	60		
		2	105	26	50		
		1	30	27	10		
		0	9				

*) Zweig zur Untersuchung aufgehoben.

Höhe	Trieb	Internodium	Länge	Dicke	Länge der Zweige
	II.	16	5	30	
		15	15	30	905*) 420
		14	33	27,5	720 etc. von den beiden gegenständigen Zweigen immer nur der längste gemessen.
		13	25	27,5	20
		12	40	27,5	20
		11	40	27,5	20
		10	82	28	200 80
3/4		9	82	28	480 I**) II
		8	85	29	900 [550 + 350]
1/2		7	108	29,5	240 I II
		6	125	30	150 [90 (3)***) + 60 (3)]
		5	130	30,3	45
		4	130	31	65 [(3) + (2)] verkümmert
1/4		3	150	32	30 Spitze vertrocknet.
		2	**160**	33	20
		1	77	33,5	ruhend.
		0	10	34	
	I.	20	2,5	35	Zweige gebildet.
		19	10	35	Später abgeworfen
		18	56	35	
		17	59	35	
		16	65	35	Trieb IV 1678,5 mm
3/4		15	88	35	„ III 1262 „
		14	89	35,5	„ II 1296,5 „
		13	84	36	„ I 1123,5 „
1/2		12	92	37	Gesamtlänge 5360,5 mm
		11	80	37,25	
		10	76	38	
		9	64	39	
		8	64	40	
1/4		7	72	41	
		6	64	41	
		5	44	42	
		4	30	42	
		3	30	42,5	
		2	24	44	
		1	25	45	
		Cotyledonen		46,5	
		Hypocotyl	70	49,5	
		Wurzelhals		56,5	
		W.-H. — 60 mm		56	
		— 70		55	

*) Zweig zur Untersuchung aufgehoben.

**) I und II, erster und zweiter Jahrestrieb.

***) Die in runden Klammern stehende Zahl bezeichnet die Zahl der Internodien.

Tabelle 30.

Grösse der Radien von Mark, Holz und Rinde.

Höhe		Internodium	Mark	i.	Holz		a.	Rinde
$^{3}/_{4}$	IV.	15	1,75 mm				1 mm	0,5 mm
		12	2				2	0,5
$^{1}/_{2}$		8	2				2,5	0,5
$^{1}/_{4}$		5	2				3,75	0,6
		3	2				4,5	0,6
		1	2,5				5	
	III.	$\overline{14}$	1,75			0,75 mm	5	0,7
$^{3}/_{4}$		11	1,75			1,5	6	0,75
		9	1,75			1,75	6	0,7
$^{1}/_{2}$		6	1,75			2,75	5,75	
$^{1}/_{4}$		4	2			3,5	5,5	
		3	2			3,5	5,5	
		2	2			4	5	0,7
		1	2			5	5	0,7
		$\overline{0}$						
	II.	$\overline{14}$	1,5		0,5 mm	5	5,5	
		10	1,5		1	4,75	5,5	0,7
$^{3}/_{4}$		9	1,5		2,2	4,75	5,5	0,7
$^{1}/_{2}$		7	1,75		2,2	5	5	0,7
		5	1,875		2,2	5	5,25	
$^{1}/_{4}$		3	2		3,5	4	5	0,75
		2	1,75		3,75	4,25	5	0,75
		1	2		4,25	5	5,5	0,8
		$\overline{0}$	2		4,5	4,5	5,5	1
	I.	19	1,5	0,25 mm	4,75	5,5	5,75	1
$^{3}/_{4}$		15	1,25	2	3,5	6,5	5,75	1
$^{1}/_{2}$		12	1,5	1,5	4,5	5,5	7	1
		9	1,25	3	5	6	6	1
		8	1,25	3	5	6,4	6	1
$^{1}/_{4}$		7	1,25	3,5	5	6,25	7	1
		6	1	4	5	6	6	1
		2	0,6	4,6	5,6	6	5,75	1
		1	0,4	5	5,6	6	5,75	1
		Hypocotyl	0,9	5,75	5,6	6	6	1
		W.-H.	0,4	7,5	5,5	6,5	7,5	1
		W.-H.- 50 mm	0,1	8	9	9	8	1

Tabelle 31.

Grösse des Flächenzuwachses.

Höhe		Internodium	i.			a.
3/4	IV.	15				105
		12				279
1/2		8				378
1/4		5				676
		3				890
		1				1163
	III.	14			73	1163
3/4		11			157	1675
		9			213	1872
1/2		6			407	1972
1/4		4			610	2110
		3			610	2110
		2			744	1977
		1			1047	2209
		0				
	II.	14		41	1047	2494
		10		93	1077	2558
3/4		9		266	1342	2898
1/2		7		292	1500	2663
		5		304	1529	2857
1/4		3		610	1395	2791
		2		632	1507	2849
		1		815	2035	3581
		0		889	1831	3517
	I.	19	19,3	911	2366	3978
3/4		15	209	814	3023	4312
1/2		12	157	1099	2622	5372
		9	384	1570	3419	5093
		8	384	1570	3490	5121
1/4		7	488	1686	3743	6347
		6	558	1744	3628	5302
		2	572	1976	3761	5435
		1	637	2094	3862	5276
		Hypocotyl	876	2331	4116	5791
		W.-H.	1378	3277	4973	8186
		W.-H. — 50 mm	1514	5262	9293	11189

Tabelle 32.

Weite der Gefässe.

Höhe	Internodium				
	IV.		i.		a.
3/4	15				15,4 t_3
1/2	8				18,1
	1				21,2
	III.				
	14			11,9 t_3	21,9
1/2	6			17,6	23,4
	1			19,6	24
	II.				
	14		10,9 t_3	20	25
3/4	10		14,5	21,1	**26**
1/2	7		15,2	**21.4**	25,6
	1		**18,8**	21,3	24,3
	I.				
	19	9,3 t_3	17,2	20,4	23,7
1/2	12	15,7	19,9	21,5	22,3
	8	16,5	20,2	21,7	22,4
1/4	7	**18,5**	**21**	**22.9**	23,4
	6	17,2	20,3	21,5	24,2
	2	16,7	18	21	24,9
	1	15,7	17,4	20,3	25,1
	Hypocotyl	17,9	22,1	22,5	25,4
	W.-H.	19,2	25,3	25,5	27
	W.-H. — 50 mm	21,3	26,8	29,2	33,2

Tabelle 33.

Anzahl der Gefässe auf der Flächeneinheit.

Höhe	Internodium				
	IV.		i.		a.
3/4	15				23,8
1/2	8				21,3
	1				15,6
	III.				
	14			25,8	12,9
1/2	6			16,2	11,9
	1			13,1	10,8
	II.				
	14		[40]	11,6	8,7
3/4	10		24,2	11,4	8,6
1/2	7		15,2	9	8,3
	1		11	7,7	7,1
	I.				
	19	[40]*)	10,6	7,6	7
1/2	12	16	9,8	7,4	6,1
	8	14,7	7,5	7,3	5,7
1/4	7	10,5	7,1	7	5,6
	6	8,2	6,5	6,4	5,5
	2	7,7	5,3	5,1	4,5
	1	6,7	4,9	4,6	4,4
	Hypocotyl	6,5	4,3	4,2	3,7
	W.-H.	**4,9**	**3,9**	**3,7**	**3,3**
	W.-H.— 50 mm	6,4	5,2	4,5	3,8

*) Die eingeklammerten Zahlen geben die Gefässe im Primärholz an.

Tabelle 34. Absolute Anzahl der Gefässe.

Höhe	Internodium				
	IV.		i.		a.
3/4	15				2499
1/2	8				8051
	1				18143
	III.				
	14			1883	15003
1/2	6			6593	23467
	1			13715	23857
	II.				
	14		1650	12145	21698
3/4	10		2209	12278	21998
1/2	7		4438	13500	22103
	1		8965	15669	25425
	I.				
	19		9660	17982	27846
1/2	12	2512	10770	19403	32769
	8	5376	11775	25477	29190
1/4	7	5124	11970	26201	35554
	6	4576	13336	23219	29161
	2	4404	10473	19181	24457
	1	**4268**	10260	17765	23188
	Hypocotyl	5519	**10023**	**17287**	**21427**
	W.-H.	6752	12780	18400	26994
	W.-H. — 50 mm	9690	27362	41818	42518

Tabelle 35. Anzahl der Markstrahlen auf der Flächeneinheit.

Höhe	Internodium				
	IV.		i.		a.
3/4	15				22,4
	1				15,8
	III.				
	14			27,8	10,2
	1			13,2	9,4
	II.				
3/4	10		19,2	10,8	9,4
	1		12	10	9
	I.				
1/2	12	19	11	9,6	8,4
1/4	7	15,6	9,8	9,6	8,4
	1	14	9,4	9,4	8,2
	W.-H.	11,2	9,4	9,2	7,4
	W.-H. — 50 mm	10,8	9,2	9	7,2

Tabelle 36. Anzahl der gerbstoffführenden Markzellen auf der Flächeneinheit.*)

Höhe	Internodium	Zahl
	IV.	
$^1/_4$	15	7,8
$^1/_2$	8	5,6
	1	4
	III.	
	12	8
$^1/_2$	6	5,6
	1	2,2
	II.	
	14	7
$^1/_2$	7	5,2
	1	4
	I.	
	19	10,8
$^1/_2$	12	5,2
	6	2,6

Zweijähriger Zweig vom 2. Trieb.

Tabelle 37. Länge und Dicke der Internodien.

Höhe		Internodium	Länge	Dicke	
	II.	9	15mm		
		8	20	4,75 mm	
		7	50		
		6	40		
		5	90		
$^1/_2$		4	**120**	5,5	
		3	100		
		2	60		
		1	7		
		0	7		Trieb II 505,5 mm
	I.	9	2		Trieb I 399,5
		8	12	7	Gesamtlänge 905 mm
		7	15		
		6	17		
		5	35		
$^3/_4$		4	50	7,5	
$^1/_2$		3	**117**	7,75	
$^1/_4$		2	113	9	
		1	35	10	

*) Die Flächeneinheit ist die gleiche wie bei der Anzahl der Gefässe.

Tabelle 38.

Weite und relative Anzahl der Gefässe und relative Anzahl der Markstrahlen.

Höhe	II.	Internodium	Gefässe Weite		relative Anzahl		Markstrahlen relative Anzahl	
		8		10,5 t_3		44,8		27
$^1/_2$		4		16		27,6		19,2
$^1/_{10}$		2		17,1		20,1		18,4
	I.							
		8	10,5t_3	17,2	[40]	19,2	35	15,8
$^3{}_1$		4	15	17,9	28	14,1	22	12,8
$^1{}_2$		3	**15,4**	**18,2**	23,3	13,2	16,8	12,6
$^1{}_4$		2	14,8	16,6	19,7	12	14	11
		1	14,5	16,1	16,6	10,3	13,8	10

Einjähriger Zweig vom 3. Trieb.

Tabelle 39. Grösse und Dicke der Internodien.

Höhe	Internodium	Länge	Dicke
	14	17 mm	4 mm
	13	45	4,25
	12	73	5
	11	73	5
	10	67	5,5
	9	70	6
	8	65	6,75
	7	47	6,8
	6	50	7
	5	44	7
	4	72	7
$^1/_4$	3	**135**	8
	2	117	8,5
	1	50	9,2
	Gesamtlänge	925 mm	

Tabelle 40.

Weite der Gefässe und Anzahl der Gefässe und Markstrahlen auf der Flächeneinheit.

Höhe	Internodium	Weite	Gefässe relative Anzahl	Markstrahlen relative Anzahl
	13	11,7t_3	49,6	33,6
	11	13,5	33,5	22,2
	8	14,6	24,6	21,2
	4	16,4	20,7	17,4
$^1/_4$	3	18,9	19,2	16
	2	**20**	18,1	14,8
	1	19,2	14,1	12

IV b.

Exemplar IVb wurde am 14. II. 1899 aus dem Garten geholt. Es war nicht ganz so kräftig gebaut wie IVa, doch beinahe ebenso hoch. Der Baum wurde frisch zerschnitten und untersucht. Von den Zweigen wurde der kräftigste von den zwei an der Spitze des 2. Jahrestriebes sitzenden zur Untersuchung gewählt. Ueber die Farbe des Holzes ist hier folgendes zu bemerken. Die Farbe schwankt vom dunklen Grün bis zum ganz schwachen Grün. Im 4. Jahrestrieb heben sich die Markstrahlen als hellere Streifen vom dunklen Grunde ab, der hier thatsächlich fast dunkelgrün gefärbt ist, gegen die Basis zu aber heller wird. Das Mark ist ganz weiss.

Im 3. Jahrestrieb besitzt der innere Ring beinahe dieselbe dunkle Farbe, wie der 4. Jahrestrieb. Der äussere Ring ist heller gefärbt. Die Intensität nimmt nach aussen und nach unten hin ab. Dicht am Mark in der Primärholzregion ist eine ganz intensiv hellgrüne Zone zu unterscheiden. Auf sie folgt nach aussen die dunkelgrüne Zone des innersten Ringes.

Im 2. Jahrestrieb findet dasselbe statt. Nur ist hier auch der innerste Ring schon von einem schwächeren Grün als im 3. Jahrestrieb. Vom 2. Ring ist nur die innere Hälfte des Ringes noch grün. Vom 5. Internodium nach unten besitzt nur noch der erste Ring grüne Färbung und sticht so scharf gegen die anderen ab. Das Mark ist überall weiss. Im 2. und 1. Internodium und im Hypocotyl beschränkt sich die grüne Farbe fast nur auf die Primärholzzone an der Markgrenze des Holzes, um unter dem Wurzelhals auch hier ganz zu verschwinden. Das Holz hat dort eine hellgelbliche Farbe angenommen. Bei der Aufbewahrung der zerschnittenen Stücke in Gefässen mit Formalinwasser zeigte sich, dass die Wurzelstücke schon nach wenigen Tagen auf den Boden sanken, während sich das übrige Holz noch lange schwimmend hielt. Da nun nach Angaben von Sanio und Hartig das Wurzelholz leichter ist als das Stammholz, so wird der Grund darin zu suchen sein, dass das Wurzelholz schon vorher viel mehr Wasser enthielt als das Stammholz und daher zur vollständigen Durchtränkung weit weniger Zeit bedurfte.

Tabelle 41.

Grösse und Dicke der Internodien.

Höhe		Internodium	Länge	Dicke	Seitenzweige	
	IV.	14	6 mm			
		13	39	4,5mm		
		12	48	5		
		11	70	5,5		
$^3/_4$		10	83	6		
		9	90	6,5		
		8	73	7		
$^1/_2$		7	99	7,5	10,7 mm	
		6	105	8		
		5	112	8,5		
$^1/_4$		4	**172**	9		
		3	155	10		
		2	93	11		
		1	17	12		
		$\overline{0}$	6	13		
	III.	$\overline{16}$	2	12		
		15	18	12	15	8
		14	32	13	770	—
		13	61	13	550	15
$^3/_4$		12	80	14	500	—
		11	81	14,5	710	350
		10	72	15	300	170
		9	80	15,5	85	67
$^1/_2$		8	71	16	40	25
		7	81	16	25	25
		6	77	17	40	27
		5	71	17	25	17
$^1/_4$		4	108	18	25	17
		3	**123**	18,5	50	20
		2	87	19	27	20
		1	27	20	17	9
		$\overline{0}$	9			Knospen
	II.	$\overline{15}$	4			
		14	27	22,5	1260*)	760
		13	70	21	220	173
		12	83	21	100	50

*) Zur Untersuchung aufgehoben

Höhe		Internodium	Länge	Dicke	Seitenzweige	
		11	62	21	75	55
		10	83	21,3	60	10
3/4		9	80	21,5	abgebrochen	
		8	78	22,5	50	40
		7	117	22,5	40	40
1/2		6	140	23	50	40
		5	120	24	20	abgebr.
1/4		4	152	25	20	15
		3	**177**	26,5	10	20
		2	122	27	—	—
		1	36	28	—	—
		0	5	29	Knospen.	
	I.	17	3	29		
		16	15	28,3		
		15	43	28,3		
		14	50	28,5		
		13	55	28,5		
		12	65	29	Trieb IV.	1165 mm.
		11	**95**	30	III.	1078,5
3/4		10	91	31	II.	1358
		9	85	32	I.	895,5
1/2		8	72	33	Gesamtlänge 4497 mm	
		7	55	33,3		
		6	60	33,3		
1/4		5	68	33,5		
		4	51	34		
		3	40	35		
		2	25	36		
		1	20	37		
		Cotyledonen		38		
		C. — 20 mm		41		
		— 40		42		
		— 50		47	als Wurzelhals anzusehen.	
		— 65		47	Erste Seitenwurzel, 5mm dick.	
		— 100		42,5		
		— 120		42		
		— 200		32		
		— 330		20		

Tabelle 42. Grösse der Radien, von Mark, Holz und Rinde.

Höhe	IV.	Internodium	Mark	i.	Holz		a.	Rinde
$^3/_4$		10	1,25 mm				1.5 mm	0,4 mm
$^1/_2$		7	1.5				1.5	0,6
$^1/_4$		4	1.5				2,5	0,6
		1	1.75				3,5	0,75
		0	1.75					
	III.	14	1.25			0.5 mm	4.3 3.5	0,8
$^3/_4$		12	1.5			1	3.75	0,9
		10	1.5			1.5	3.6	0,8
$^1/_2$		8	1.75			2	4	0,8
		6	1.5			2.5	4	0,8
$^1/_4$		4	1.5			2.8	4	0,8
		1	2			3.5	4	
	II.							
		13	1.5		0,5 mm	4,25	3.5	
		11	1.5		0,75	4	3.5	
$^1/_4$		9	1.5		1	4	3.5	0,8
		7	1.5		1.5	4	3,5	0,8
$^1/_2$		6	1.5		1.75	4,25	3.5	0,8
		5	1.5		2	4	3.5	0,8
$^3/_4$		4	1.75		2.5	4,25	3.5	0,8
		3	1.75		2.5	4,25	3.5	0,8
		1	1.75		4	4,25	3.5	0,8
	I.							
		15	1.25	0,5 mm	4	4-4.5	3 3.5	0,8
		11	1.5	1	3 3.6	4,5	3.25 4	1
		9	1.5	2	3 3.75	4—5	3 3.75	1
$^3/_4$		8	1.2	2,2	4	5	3,5	1
		7	1	2,5	4	5	3,5	1
		6	1	2.5	4	5	3,5	1
		2	0.5	4	4	5	4.5	1
		1	0.5	4	4	5	4.5	1
		Cotyledonen	0.6	4.5	3.5	5	4	1
		C. — 20 mm	0,7	4.75	4	5	4	1
					3,75*)		4.5	
		W.-H.C. 50	0,8	5.5	4.5	6.5	5	1
				5	4	4.5	3.5	
		C. 80	0.6	8	5	6	4	1
				5	4	5.5	4	
		C. — 100	0,2	6	4.5	8	5	1

*) Da die Wurzel excentrisch gebaut ist, so wurden die Radien auf dem längsten und kürzesten Halbmesser der Wurzel gemessen. Die obere Zeile giebt den Wert für die grössten, die untere für den kleinsten Radius.

Internodium	Mark	i.	Holz		a.	Rinde
C. — 120	0,1 mm	5,75	4,75	8	7 mm	1 mm
		4	5	5	5	
C. — 200		5	3	5	3	1
		4	2	3	2,5	
C. — 330		3	4	5	3	
		3	2	3	2	

Tabelle 43. Grösse des Flächenzuwachses.

Höhe	IV.	Internodium	i.			a.
3/4		10				140
1/2		7				157
1/4		4				320
		1				570
	III.					
		14			35	717
3/4		12			93	767
		10			157	804
1/2		8			256	1070
		6			320	1116
1/4		4			378	1173
		1			610	1398
	II.					
		13		41	815	1302
		11		65	791	1302
3/4		9		93	837	1343
		7		157	930	1424
1/2		6		170	1063	1506
		5		233	1023	1506
1/4		4		349	1334	1669
		3		349	1334	1669
		1		749	1557	1913
	I.					
		15	37	699	1557	1795
		11	93	637	1687	2026
		9	233	822	1881	2079
1/2		8	235	1005	2302	2303
		7	262	1023	2328	2320
		6	262	1023	2328	2320
		2	466	1209	2558	2397
		1	466	1209	2558	3297
		C. — 20 mm	591	1260	2802	3173
		Wurzel-Hals	702	1507	3221	3480
		— 50	837	1726	5395	4884

Tabelle 44.

Weite der Gefässe.

Höhe	Internodium	i.			a.
	IV.				
$^3/_4$	10				15,5 t_3
	1				18,3
	III.				
	14			11 t_3	19,5
	1			16,4	20,5
	II.				
	13		11,9 t_3	19,7	20,8
$^3/_4$	9		14,7	**20**	**23**
$^1/_2$	6		15,1	17,8	20,5
$^1/_4$	4		16	17,3	20,1
	1		**16.7**	17,2	20,1
	I.				
	15	10,4 t_3	15,5	17,3	20
	11	12,9	16,1	18,7	20,3
	9	15,2	18,7	19,3	20,6
$^1/_2$	8	**16.3**	**18,9**	**19.6**	20,7
	7	15,1	18	18,5	21
	6	14,8	17,5	18,3	21,2
	2	14,7	17,2	18,1	22,3
	1	16,1	19,9	20,4	22,8
	Hypocotyl	17	20,3	20,8	23,2
	Wurzelhals	17,4	21,2	21,5	24,4
	W.-H. — 50 mm	21,4	23,3	24,8	30,1
	— 100	21,7	24,9	25,5	30,8
	— 270	25,2	29	31,5	35,4

Tabelle 45.

Anzahl der Gefässe auf der Flächeneinheit

Höhe		Internodium	i.			a.
3/4		10				27,8
		1				19
	III.					
		14			[40]	18
		1			14,8	11
	II.					
		13		[40]	12,3	10,8
3/4		9		17,3	10,5	10,7
1/2		6		15,8	10,2	10,3
1/4		4		12,3	9,6	9,4
		1		10,3	8,5	8,3
	I.					
		15	[40]	9,5	8,2	8
		11	22,8	9	8	7,9
		9	13,7	8,2	7,8	7,7
1/2		8	12	7,6	7,3	7
		7	11,5	7,5	7,3	7
		6	9,8	7,5	7,2	7
		2	7,8	6,5	6	5
		1	6,8	6	5,5	4,9
		Hypocotyl	5,6	5,5	5	4,2
		W.-H.	**5.1**	**5**	**4.6**	**3.8**
		W.-H. —50 mm	5,6	4,9	4,7	4,3
		—150	6,6	5,7	5,4	4,7
		—270	6,8	6,4	5,9	5,6

Tabelle 46. Absolute Anzahl der Gefässe.

Höhe	Internodium					
	IV.		i.			a.
3/4		10				3892
		1				10830
	III.					
		14			1575	12906
		1			9028	15378
	II.					
		13		1628	10024	14062
3/4		9		1249	11161	14360
1/2		6		2686	10843	15512
1/4		4		4293	12806	15689
		1		7200	13234	15878
	I.					
		15	1665	6640	12767	14360
		11	2120	5733	13496	16105
		9	3192	6740	14672	16008
1/2		8	2820	7638	16805	16121
		7	3013	7672	16995	16240
		6	2568	7672	16762	16240
		2	3635	7858	15348	16485
		1	**3169**	7254	14069	16155
		Hypocotyl	3310	**6936**	**14010**	**13336**
		W.-H.	3580	7335	14816	13224
		W.-H. — 50 mm	4687	8457	25356	21011

Tabelle 47. Anzahl der gerbstofführenden Markzellen auf der Flächeneinheit.

Höhe	Internodium	Zahl
	IV.	
3/4	10	9
	1	4,4
	III.	
	14	8,2
	1	5
	II.	
	13	7,2
1/2	6	6,6
	1	4,6
	I.	
	15	10,9
1/2	7	6,2
	6	6

Tabelle 48.

Zweijähriger Zweig.

Länge und Dicke der Internodien.

Höhe	II.	Internodium	Länge	Dicke		
		10	2 mm			
		9	6			
		8	36	4 mm		
$^{7}/_{8}$		7	47	4,5		
		6	69	5		
		5	70	5,3		
$^{1}/_{2}$		4	**120**	5,5		
		3	110	6,5		
$^{1}/_{1}$		2	75	7,5		
		1	13	8		
		0	5	8,5		
	I.	13	2	8,5	Knospe	abgebr.
		12	10	8	60	abgebr.
		11	25	8	130	100
		10	55	8	100	abgebr.
		9	70	8	85	75
		8	55	8,5	abgebrochen	
		7	50	9	5	—*)
		6	53	9	—	—
$^{1}/_{2}$		5	50	9,3	7	—
		4	55	9,3	5 tot	—
		3	92	10	5 „	—
		2	**110**	10,2	Knospen	
		1	80	10,5		
		Gesamtlänge	1260.			

Trieb II	550,5 mm.
„ 1	709,5
Gesamtlänge	1260 mm.

*) bedeutet: Zweig abgebrochen.

Tabelle 49.

Weite der Gefässe, Anzahl der Gefässe und Markstrahlen auf der Flächeneinheit.

Höhe	Internodium	Gefässe Weite	Gefässe relative Anzahl		Markstrahlen relative Anzahl	
	II.					
$^7/_8$	7		13,3 t_3	46,3		27
$^1/_2$	4		15,6	27,4		17
$^1/_{10}$	2		16,6	22,2		14,6
	I.					
	12	8,9 t_3	16,6	22,8	27,5	13,5
	11	11,4	16,8	üb. 40 20,6	24,4	13,2
	6	14,6	17,8	30,2 18,7	17,8	11,8
$^1/_2$	5	**14,8**	**19,3**	28 18,6	17	11,4
	4	14,6	17,8	23,2 17,1	15,8	11,2
	1	14	17,3	19,3 16,3	15,4	11
	B.*)	13,4	17,1	16,5 12,9	13,2	9,4

IV c.

Dies unterdrückte Exemplar wurde am 14. II. 1899 aufgehoben. Im ersten Jahr war es schwach, aber noch normal gewachsen. In den folgenden Jahren blieb es sehr zurück. Die Wurzel war bis zu einer Länge von 190 mm herausgebracht, wo sie eine Dicke von 1,5 mm besass.

Eine an diesem Exemplare durchgeführte Stärkeprüfung lieferte folgende Resultate:

Weder im Mark noch im Holz oder der Rinde der letzten drei Jahrestriebe fanden sich nennenswerte Mengen von Stärke.

Erst im untersten Jahrestrieb trat Stärke auf und zwar in den oberen Internodien nur in sehr geringer Menge. Vom 7. bis zum 1. Internodium nahm die Stärkemasse etwas zu. Auch in den Markstrahlen fand sich ein wenig.

In der Wurzel besass das Holz verhältnismässig viel Stärke, namentlich in den Markstrahlen, während sich im Mark und in der Rinde nur sehr wenig fand.

Im Holz war sie auch ziemlich gleichmässig verteilt.

Zu bemerken ist aber, dass das Exemplar zur Zeit des winterlichen Stärkeminimums aufgehoben wurde, wenn es auch wahrscheinlich ist, dass ein unterdrücktes Exemplar überhaupt keinen sehr grossen Stärkevorrat besitzt.

*) Basis des 1. Internodiums etwa 1 mm über der Ansatzstelle.

Tabelle 50.

Länge und Dicke der Internodien.

Höhe		Internodium	Länge	Dicke
		7 11	4 mm	
3/4		6	12	2,5 mm
1/2		5	**15**	3
1/3		4	7	3,5
		1 3	2	
	III.	$\overline{0}$	1	
3/4		$\overline{8}$	1	
1/2		7	**16**	3
1/8		6	15	3
		5	5,5	3,5
		1 4	3	
	II.			
		5	10	3
3/4		4	40	3
1/2		3	**75**	3,5
1/12		2	24	
		$\overline{1}$	1	
	I.	$\overline{0}$	1	
		$\overline{13}$	1	
		12	12	
		11	38	
		10	38	
1/2		9	**44**	4
		8	33	
1/4		7	7	
		6	8	
		5	14	
		4	13	
		3	9	
		2	6	
		1	3	5,5
		Hypocotyl	35	7
		W.-H. — 15 mm		7,5
		— 40		6
		— 70		5
		— 100		5
		— 125		3
		— 150		2
		— 190		1,5

Trieb IV = 40 mm
„ III = 40,5 „
„ II 150,5 „
„ I 226,5 „
Gesamtlänge 457,5 mm

Tabelle 51.

Grösse der Radien von Mark, Holz und Rinde.

Höhe	IV. Internodium	Mark	Holz				Rinde
	7—11		i.			a.	
3/4	6	65 t_2				25—35 t_2	40 t_2
1/2	5	60				40—50	40
1/3	4	65				55—70	40
	1—3						
	III.						
1							
1/2	7	65			10—15 t_2	47—55	37
1/8	6	75			25	30—40	33
	5	85			30—40	25—35	40
	1—4						
	II.						
	5	65		15—17 t_2	15—20	25—35	35
	3	90		25—30	7—10	25—35	35
1/2	2	80		50—60	7	25—35	37
1/12	1						
	I.						
	13						
	12	50	10 t_2	60—80	5	30—35	30
	9	55	35	50—60	6	40	35
1/2	8	55	35—45	35—55	3—7	25—45	30
	7	55	65	30—50	5	30—40	36
1/4	2	20—25	115—130	40—60		45—55	35
	1	50	130	37—60		35—50	42
	Hypocotyl	100	110	35—57		55—65	42
	W.-H.	140	140	30—60		45—55	33
	W.-H. — 70 mm	10	115	40—60		50—70	45
	— 150		21	20		30—50	20
	— 190		20	15		25—50	25

Tabelle 52.

Weite der Gefässe.

Höhe						
	IV.	Internodium				
$^3/_4$		6				
$^1/_2$		5				
$^1/_3$		4				
	III.					
$^1/_2$		7				
$^1/_8$		6				
		5				
	II.					
		5				
$^1/_2$		3				
$^1/_{12}$		2				
	I.					
		12	6,8 t_3	12,7		
$^1/_2$		9	10	12,9	**13.1**	
		8	12,7	12,4		
$^1/_4$		7	**13,2**	**14,8**		
		2	12,1	13,2		
		1	11,9	13		
		Hypocotyl	11,9	12,9		
		W.-H.	12,7	14,6		
		W.-H. — 70 mm	14,4	16,6		
		— 150	15,2	18,9		
		— 190	16,2	20,6		

Tabelle 53.

Grösse des Flächenzuwachses.

Höhe	IV.	Internodium	i.			a.
$^3/_4$		6				10,4
$^1/_2$		5				16,1
$^1/_3$		4				25,8
	III.					
$^1/_2$		7			3,8	22,9
$^1/_8$		6			9,5	17,9
		5			15,6	17,6
	II.					
		5		5,1	6,8	14,8
$^1/_2$		3		10,2	4,5	18,4
$^1/_{12}$		2		25,6	4,2	20,5
	I.					
		12	2,5	29	2,9	21,3
$^1/_2$		9	11	28,1	4,1	29,7
		8	13	23	3,1	24,7
$^1/_4$		7	24,8	24,3	3,5	27,5
		2	43,3	36,4		47,3
		1	43	33		40,2
		Hypocotyl	43	33		40,4
		W.-H.	76	42,5		57,6
		W.-H. — 70 mm	39,6	32,6		53,5
		— 150	0,96	2,7		10,6
		— 190	0,87	1,9		8,6

Tabelle 54.

Anzahl der Gefässe auf der Flächeneinheit.

Höhe	IV.	Internodium	i.			a.
$^3/_4$		6				70
$^1/_2$		5				54
$^1/_3$		4				36,5
	III.					
$^1/_2$		7			viele	30,5
$^1/_8$		6			50	24,3
		5			37	26,3
	II.					
		5		50	18,9	21,8
$^1/_2$		3		39,2		21,4
$^1/_{12}$		2		23,5		17,2
	I.					
		12	viele	21,6		19,5
$^1/_2$		9	50	16,4		14,4
		8	37,5	14,9		11,8
$^1/_4$		7	24,6	13,4		10,9
		2	15,1	9,5		5,9
		1	12	8,7		5,3
		Hypocotyl	8,2	6,6		4,3
		W.-H.	**7.3**	**6**		**3.8**
		W.-H. — 70 mm	8,3	6,2		4,5
		— 150	30	14,1		7,4

Tabelle 55.

Absolute Anzahl der Gefässe

Höhe	IV.	Internodium	i.			a.
$^3/_4$		6				728
$^1/_2$		5				869
$^1/_3$		4				942
	III.					
$^1/_2$		7				698
$^1/_8$		6			475	419
		5			577	463
	II.					
		5		255	129	333
$^1/_2$		3		400		394
$^1/_{12}$		2		602		353
	I.					
		12		626		415
$^1/_2$		9	550	461		428
		8	487	342		291
$^1/_4$		7	610	326		300
		2	654	346		272
		1	576	287		213
		Hypocotyl	**353**	**218**		**190**
		W.-H.	555	255		219
		W.-H. — 70 mm	329	202		241
		— 150	31	38		79
		— 190	15	16		56

Tabelle 56. Anzahl der Markstrahlen.

Höhe		IV. Internodium	i.			a.
$^3/_4$		6				30
$^1/_2$		5				30
$^1/_4$		4				25
	III.					
$^1/_2$		7			viele	20
$^1/_8$		6			viele	18,8
		5			22,6	18,4
	II.					
		5		viele	19,6	15,8
$^1/_2$		3		22,3		15,2
$^1/_{12}$		2		21,6		16,2
	I.					
		12				13,2
$^1/_2$		9	viele	17		13
		8		16,6		13
$^1/_4$		7	16,8	15,8		11
		2	14,4	14		10
		1	13,2	12,8		11
		Hypocotyl	11,2	12,2		8,2
		W.-H.	11	9,8		7,6
		W.-H. — 70 mm	10,6	9,4		7,4

Quercus Robur.

Am 23. XI. 1899 wurde ein einjähriges Exemplar von Quercus Robur aufgehoben. Es war sehr regelmässig gewachsen. Allerdings hatte es einen ganz kurzen Johannistrieb gebildet. Die Blätter waren bereits abgefallen, die Winterknospe definitiv ausgebildet.

Die Stärkeprüfung ergab folgende Resultate:

Das Mark war überall mit Stärke vollständig vollgestopft, besonders in der Wurzel, wo enorme Massen vorhanden waren. Auch das Holz enthielt überall im Stamm sehr viel, allerdings bei weitem nicht in dem Masse wie das Mark. Ebenso verhielten sich die Markstrahlen.

In der Wurzel besassen aber Holz und Markstrahlen ausserordentlich grosse Stärkemengen.

Die Rinde enthielt im Stamm wenig, in der Wurzel sehr viel Stärke.

Die Verteilung war in der Wurzel in ihrer ganzen Ausdehnung eine gleichmässige.

Am 23. November hatte die Wurzel ihre cambiale Thätigkeit noch nicht eingestellt. Es waren noch Gefässe in Bildung begriffen. Daher trat auch bei der Jodbehandlung an der cambialen Zone ein etwa 0,06—0,09 mm breiter stärkefreier Ring auf.

Was die enormen Stärkemassen anbetrifft, so muss daran erinnert werden, dass der November noch in die Periode des herbstlichen Stärkemaximums fällt.*)

Tabelle 57.

Länge und Dicke der Internodien.

Höhe	Trieb	Internodium	Länge	Dicke
	II.		10 mm	
	I.			
		10	2	
		9	11	1,25
		8	20	1,5
3/4		7	23	2
		6	11	2
1/2		5	18	2,5
		4	3	3
1/4		3	22	3,5
		2	12	3,75
		1	11	4
		Cotyledonen		
		Cotyl. — 10 mm		4,75
		— 20		5
		— 40		5
		— 60		4,5
		— 100		3,5
		— 170		2,6
		— 200		2,5
		— 230		1,75
		— 260		1,5

Trieb II = 10 mm
„ I = 133 „
Gesamtlänge = 143 mm

*) A. Fischer. Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. Pringsheim's Jahrbücher. Bd. 22. 1890. Vergleiche ferner Dr. A. J. J. Vandevelde. Gent 1895. Bijdrage tot de scheikundige physiologie van den stam der boomen.

Tabelle 58.

Grösse der Radien von Mark, Holz und Rinde.

Höhe	Internodium	Mark	Holz	Rinde
	9	25 t_2	25 t_2	30 t_2
$^3/_4$	7	60	30	35
$^1/_2$	5	60	50–60	55
	1	180	70	60
	C. — 10 mm	180	100	70
	– 100	120	90	50
	– 170	70	70	30
	– 200	50	70	50
	– 230	40	35	35
	260	40	30	30

Tabelle 59.

Weite der Gefässe.

Höhe	Internodium	Weite
$^3/_4$	9	7 t_3
	7	10,5
$^1/_2$	5	11,1
	1	10,6
	C. — 10 mm	11,6
	— 100	15,5
	– 170	15,9
	200	17,7
	230	16
	260	14,6

Fagus silvatica.

Das regelmässig gewachsene Exemplar, aufgehoben am 23. VI. 1899, hatte eine Länge von 30 mm vom Wurzelhals an. Die Wurzel, die fast bis zur Spitze vorlag, war sehr regelmässig gewachsen und zeigte weder Gabelungen noch stärkere Nebenwurzeln, so dass sie zur anatomischen Untersuchung sehr geeignet schien.

Tabelle 60. Länge und Dicke der Internodien.

Trieb	Internodium	Länge	Dicke	
IV. III. II.		90 mm		
I.	2	4	1,5 mm	
	1	36	1,7	Trieb IV. III. II. = 90 mm
	Hypocotyl	70	2.3	I. = 40 „
	W.-H.		3	Hypocotyl = 70 „
	W.-H. — 18 mm		3,5	200 mm
	— 65		2,75	
	— 115		1,5	
	— 200		0,8	

Tabelle 61. Grösse der Radien von Mark, Holz und Rinde.

Höhe	Internodium	Mark	i.	Holz		a.	Rinde
I.	2	10 t_2	10 t_2	7 t_2	13 t_2	15 t_2	22 t_2
$^3/_4$	1*)	20	20	10	15	10	
$^1/_2$	1**)	20	20	15	15	10	20
	Hypocotyl	30	30	10	10	13	20
	W.-H.	55	40	20	25	25	20
	W.-H. — 18 mm	55	45	22	25	30	20
	65	30	26	25	12	25	15
	115	15	10	12	10	12	13
	— 200	10	5	7	8	8	5

*) 18 mm über den Cotyledonen.
**) 27 „ „ „ „

Tabelle 62.

Weite der Gefässe

Höhe	Internodium	i.			a.
	I. 2	5 t_3	7,3 t_3	10 t_3	10,3 t_3
$^3/_4$	1	7,3	8,2	10,4	10,5
$^1/_2$	1	**7,6**	**8,6**	**10,6**	**10,9**
	Hypocotyl	7,1	8,6	10	10,6
	W.-H.	8,4	10,1	10,6	10,7
	W.-H.— 18 mm	8,6	10,2	10,6	10,5
	— 65	**9**	10,8	11	11
	— 115	8,3	**11,1**	11,4	11,6
	— 200	6,5	8	**12.8**	**12.9**

Sorbus.

Dieses Exemplar, das im vierten Jahre stand, war unter Weiden gewachsen und dadurch in seiner Entwicklung sehr zurückgeblieben. Die Blätter waren im Begriff, sich eben zu entfalten.

Ich versuchte, die Art anatomisch festzustellen, indem ich sie mit den im Garten gezogenen Arten, Sorbus torminalis, Sorbus Aria, Sorbus Aria + Aucuparia (Sorbus Aucuparia war ausgeschlossen) verglich. Am meisten stimmte sie mit Sorbus Aria und dem Bastard Sorbus Aria + Aucuparia überein, doch waren namentlich in der secundären Rinde noch Differenzen vorhanden.

Die Wurzel war vollständig unversehrt, auserordentlich regelmässig gewachsen und wurde deshalb eingehend untersucht.

Tabelle 63.

Länge und Dicke der Internodien.

Höhe	III.	Internodium	Länge	Dicke
		6	5 mm	2,1 mm
3/4		5	15	2
1/2		4	14	2
1/4		3	10	2
		2	6	2,25
		1	2,5	2,3
	II.			
		3	2	
1/2		2	5	2,5
		1	1	
	I.			
		4	2,5	
1/4		3	7	2,5
1/2		2	5	2,5
		1	8	2,75
		Hypocotyl	19	3
		W.-H.		3,5
		W.-H. — 5 mm		3,5
		17		3,75
		34		3
		68		2
		— 89		1
		110		0,5

Trieb III	52,5 mm
„ II	8 „
„ I	22,5 „
Gesamtlänge	83 mm

Tabelle 64. Grösse der Radien von Mark, Holz und Rinde.

Höhe	III.	Internodium	Mark	i.	Holz		a.	Rinde
		6	33 t_2			25 t_2	5–7 t_2	55 t_2
$^1/_2$		4	35			30	3	45
$^1/_4$		3	35			47	2	50
		2	40			50	2	50
		1	35			50	2	50
	II.							
$^1/_2$		2	22		12 t_2	33		57
	I.							
$^3/_4$		3	22	23 t_2	15	25		60
		1	20	18	20	40		55
		Hypocotyl	12	30	30	40		60
		W.-H.	7	35	40	40		60
		W.-H.— 17 mm		40	45	55		60
		— 34		25	30	50		65
		— 68		25	30	45		50
		— 89		9	11	25		18
		— 110				23		7

Tabelle 65. Weite der Gefässe*).

Höhe	III.	Internodium	i.	a.
		6		7,3 t_3
$^1/_2$		4		9,5
$^1/_4$		3		10
		2		10,2
		1		**10,8**
	II.			
$^1/_2$		2	5 t_3	10,2
	I.			
$^3/_4$		3	6,7	11
		1	6,7	10,5
		Hypocotyl	8,5	10,7
		W.-H.	9,2	11
		W.-H. - 17 mm		
		34	**10**	12,1
		- 68	10	**12,7**
		89	5	8,9
		110		7

*) Die Gefässe des 1. Jahresringes sind zu klein, um ein einigermassen befriedigendes Resultat zu ergeben.

Alnus glutinosa.

Von einem strauchig gewachsenen, ca. 3 m hohen Exemplar wurde am 25. V. 1899 der fünfte (letzte) Jahrestrieb aufgehoben. Es waren schon frische Triebe angelegt, die aber bei der Untersuchung nicht berücksichtigt wurden.

Auch das Dickenwachstum hatte schon begonnen.

Tabelle 66.

Länge und Dicke der Internodien.

Höhe	Internodium	Länge	Dicke	Zweige	Gesamtl.	Zahl der Internodien
	18	7 mm	3,5 mm			
	17	22	3			
	16	43	4			
$^7/_8$	15	50	4			
$^3/_4$	14	53	4,25	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. Int.		
	13	63	4,5		5mm	1
	12	65	4,9	L.** **12** 5 3 mm D. 2,75 3 3	20	3
$^1/_2$	11	73	5	L. **50** 30 40 23 12 3 mm D. 3,5 3,25 3 2,75 2,5 2,5	163	6
	10	62	6		280	9
	9	45	7,5	L. **65** 48 46 37 50 32 26 10 D. 4,5 3,9 3,9 3,5 3,25 3 2,5 2,5	**314**	8
	8	45	8,2		282	10
$^1/_4$	7	45	9		240	9
	6	45	9	L. 35 **43** 40 38 37 17 5 D. 3. 3 2,75 2,5 2 2 2,2	215	8
	5	43	9,5			
	4	42	10			
	3	20	11			
	2	6	12			
	1	5	12	Länge des letzten Triebes 734 mm		
	e*)	10	13			
	d	25	13,5			
	c	30	12,5			
	b	40	13			
	a	abgeschn.	13,3			

*) e—a sind die obersten Internodien des vorletzten Triebes.

**) Die wagrechten Reihen geben Länge und Dicke der Zweiginternodien an.

Tabelle 67.

Weite der Gefässe.

Höhe	Internodium	Weite	Zweige								
			B.*)	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	Int.
	17	8,5 t_3										
3/4	14	11,7										
	12		4,6	**5,5**	2,5	2 t_3						
1/2	11	13,6	10,2	**11,3**	10,2	9,7	—	5,5	—**)			
	10	14,4										
	9	16,7	11,2	11,4	11,8	**12,9**	11	–	—	7		
1/4	7	17,5										
	6	**20,1**	11,1	11,3	**12,8**	10,5			7,7			
	3	15,5										
	2	15,2										
	e	15,6										
	b	17,2										

Tabelle 68.

Zahl der Markstrahlen auf der Flächeneinheit.

Höhe	Internodium	Zahl	Zweige								
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	Int.
	17	80									
3/4	14	53									
	12		77	100	| —|***)	| —|***)					
1/2	11	41,8	41	52	66	82	119				
	9	36,4	33,4	37,4	41	48,8	57,4	—	—	85	
1/4	7	33,6									
	6		37,2	44	51	61	—	—	99		
	3	32,4									
	e	| |***) 32									
	b	70 29,4									

*) Basis des Internodiums.
**) — nicht untersucht.
***) sehr viele, mehr als 70

Tabelle 69. Weite der Gefässe.

Stamm.

Höhe	Internodium	Tangentialer Durchmesser	Radialer Durchmesser
	17	6,2 t_3	8,5 t_3
$^3/_4$	14	8,8	11,7
$^1/_2$	11	11,3	13,6
	10	11,5	14,4
	9	13,2	16,7
$^1/_4$	7	13,5	17,5
	6	**14,2**	**20,1**
	3	12,7	15,5
	2	12,2	15,2
	e	12,9	15,6
	b	14	17,2

Tabelle 70. Weite der Gefässe.
Zweig vom 9. Internodium.

Höhe	Internodium	Tangentialer Durchmesser	Radialer Durchmesser
	8		
$^1/_2$	7	5,6 t_3	7 t_3
	6		
$^3/_4$	5		
$^1/_2$	4	9	11
	3	**11,2**	**12,9**
$^1/_4$	2	10,1	11,8
	1	10	11,4
	B.		11,2

Polygonum cuspidatum.

Polygonum cuspidatum habe ich in meiner Dissertation eingehend behandelt.

Die einjährigen Triebe zeigen ein sehr regelmässiges Wachstum und erreichen in einem Sommer eine Höhe von ca. 4 m.

Zur Erläuterung der Tabelle mögen folgende Bemerkungen dienen. Am 5. Internodium war die Knospe etwas ausgetrieben. Am 6. 7. 8. waren die gebildeten Zweige verkümmert. Die des 9. und 10. Internodiums zeigten zuerst eine einigermassen gute Entwicklung, doch waren ihre Spitzen später in Folge von Lichtmangel vertrocknet. Die Zweige des 11.—13. Internodiums waren etwas etioliert und überverlängert. Vom 14. Internodium an waren die Zweige normal entwickelt und zur Untersuchung geeignet.

Die Länge der Bastfasern wurde an der Hauptachse und an den Zweigen vom 14. 17. und 19. Internodium der Hauptachse untersucht. Vom Haupttrieb wurde zur Feststellung des Maximums das 7. 9. und 11. Internodium gewählt, von Zweig I das 2. — 3. — 4. — 5. — 7. — 10., von Zweig II und III das 2. und 3. Internodium.

Das untersuchte Exemplar war am 14. Juli 1899 vollkommen ausgewachsen, aber noch vor der Blüte aus dem Garten geholt worden.

Tabelle 71.

Länge und Dicke der Internodien.

Höhe	Internodium	Länge	Dicke			
	34	5 mm				
	33	25				
	32	33				
	31	35				
	30	40				
	29	52				
	28	50				
	27	66		Zweige.		
	26	76				
$^7/_8$	25	95		Gesamtlänge		Zahl der Internodien
	24	84		25 mm		
	23	92		180		
	22	102		165		
	21	110	7 mm	280		7
$^3/_4$	20	115		400		
	19	140	8	**600**	III.	12
	18	140		670		
	17	147	10	**800**	II.	14
	16	150	11	1000		16
	15	162		900		
	14	170	13	1170	I.	16
$^1/_2$	13	165		1190	etiol.	
	12	172	17	1035	„	
	11	180	20	1480	„	
	10	180	20	380	vertrocknet	
	9	189	23	400		
$^1/_4$	8	187	29	verkümmert		
	7	**195**	30	„		
	6	190	31	„		
	5	175	31,75	Knospen etwas ausgetrieben		
	4	129	31,5			
	3	61	31			
	2	33	34			
	1	13	35	Winterknospe.		
	Gesamtlänge	3860 mm				

Tabelle 72.

Zweig I vom 14. Internodium der Hauptachse.

Länge und Dicke der Internodien und Grösse der Blätter.

Höhe	Internodium	Länge	Dicke	Zweige	Blätter 1***)	2	3	4
	16	20 mm	1 mm	2. Ordn.	10	78	36	30
	15	35	1,5		14	115	57	40
	14	38	2		16	139	78	45
	13	55	2,75		18	155	86	50
7/8	12	69	3		18	174	98	59
	11	70	3		18	175	107	55
3/4	10	74	3,5		**20**	**176**	**116**	**59**
	9	80	4		22	172	115	64
	8	89	4		25	172	112	47
1/2	7	76	4,25	15	30	170	111	60
	6	90	4,5		30	154	105	60
	5	107	5	74 (7)*)	35	147	103	50
1/4	4	90	5	33 (5)	38	145	104	44
	3	102	5,25	10 v.**)	38	136	95	35
	2	**172**	5,5	10 v.	40	132	90	30
	1	3	10	15				
	Gesamtlänge	1170 mm						

*) Zahl der Internodien.
**) verkümmert.
***) 1. Zeile: Länge des Blattstieles.
2. „ Gesamtlänge des Blattes (Stiel mitgerechnet).
3. „ Maximale Breite der Spreite.
4. „ Entfernung des Ortes der maximalen Breite von der Basis der Spreite.
Alle diese Masse sind in Millimeter angegeben.

Tabelle 73.

Zweig II vom 17. Internodium.

Länge und Dicke der Internodien und Grösse der Blätter.

Höhe	Internodium	Länge	Dicke	Zweige Länge	Blätter 1	2	3	4
	14	11 mm	0,75 mm		10	50	16	17
	13	29	1		10	80	39	33
	12	26	1,75		13	125	72	40
	11	37	2		15	135	75	40
	10	53	2,5		18	162	95	50
$^3/_4$	9	63	2,75		16	167	**110**	62
	8	70	3		18	**174**	108	65
	7	71	3,5		15	167	107	60
$^1/_2$	6	60	4		18	162	**114**	55
	5	72	4		20	165	107,5	55
	4	80	4	112**)	20	156	107	60
$^1/_4$	3	67	4,5	15	23	160	110	60
	2	**146**	4,75	136*)	20	135	90	52
	1	3	8					
		788						

*) Zweig 2. Ordnung.

	Länge	Dicke	Blätter 1	2	3	4
7	2mm		**1**	**2**	**3**	**4**
6	12	1	12	82	38	30
5	14	1,5	16	90	50	27
4	25	2	15	66	42	22
3	**58**	2,5	23	73	45,5	14
2	23	3,25				
1	2	5				
	136 mm					

**)

	Länge	Dicke	Blätter 1	2	3	4
5	20	1,5	12	43	19	15
4	**36**	1,75	15	67	37	15
3	33	2	20	79	48	25
2	14	2				
1	2	3,5				

Tabelle 74.

Zweig III vom 19. Internodium.

Länge und Dicke der Internodien.

Höhe	Internodien	Länge	Dicke
	12	3 mm	0,5 mm
	11	14	1
	10	28	1,5
	9	33	2
	8	40	2,25
3/4	7	43	2,5
	6	64	3,25
	5	60	3,5
1/2	4	71	3,75
1/4	3	84	4
	2	**145**	4,75
	1	2,5	8
		587,5 mm	

Zweig 38

Grösstes Blatt.

1	**2**	**3**	**4**
18	162	98	57

Tabelle 75.

Zweig vom 16. Internodium.

Länge und Dicke der Internodien.

Höhe	Internod.	Länge	Dicke
	16	6mm	1mm
	15	26	1,5
	14	35	1,75
	13	38	2,5
	12	50	2,75
	11	71	3,25
3/4	10	73	3,5
	9	80	4
	8	73	4,5
1/2	7	90	4,5
	6	66	4,5
	5	77	4,5
1/4	4	47	5
	3	84	5,25
	2	**146**	10
	1	2	

Gesamtlänge 994 mm

Grösstes Blatt.

1	**2**	**3**	**4**
25	195	118	55

Zweige.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	Intern. Gesamtl.
15						15 mm
2	22	**60**	40	20		144
2	10	35	**46**	20	5	128
2	**47**	35	25	11		120

Tabelle 76.

Zweig vom 21. Internod.

Länge und Dicke der Internodien.

Höhe	Internod.	Länge	Dicke
	7	14	1,25
3/4	6	28	2
	5	37	2,5
1/2	4	54	2,75
	3	54	3*)
	2	99	3
	1	1	5

*)Grösstes Blatt.

1	2	3	4
20	136	78	42

Tabelle 77.

Hauptachse, Länge der Bastfasern.

Länge in t_1 (t_1 15,15 u)	7. Internodium	9.	11.
305		1	
300		4	1
295			
290		1	
285		1	
280		2	2
275			
270		4	3
265		1	
260	2	6	1
255			1
250	2	7	4
245	1		
240		1	1
235	1		
230	2		5
225			
220	1	1	6
215	4		
210	2	1	1
205			
200	9		5
195			
190	1		
185	1		
180	3		
175			
170			
165			
160	1		
	30	30	30

Tabelle 78. **Zweig I.**

Länge der Bastfasern.

Länge in t_1*)	2. Intern.	3.	4.	5.	7.	10.
330			1			
325						
320						
315						
310						
305						
300						
295						
290		1		1		
285		1				
280						
275						
270						
265						
260		2	1			
255						
250		1				2
245						
240	1	1	2		1	
235						
230		1		1		
225						
220		4	2			
215		3		1		
210	1	1	1	2	1	
205	1	4				1
200	2	9	3	3	3	
195						1
190	2	2	1	4	1	
185	1			5		
180	4		1	2	3	2
175			1		1	
170	3		12	2	4	
165	1			2	1	
160	2		4	7	1	4
155	7				3	
150			1		3	2
145					1	1
140	4				7	3
135	1					1
130						4
125						
120						2
115						
110						4
105						
100						3
	30	30	30	30	30	30

*) Ueber die Methode der Zählungen vergl. pag 11.

Tabelle 79.

Zweig II. **Zweig III.**

Länge der Bastfasern.

Länge in t_1	2. Intern.	3. Intern.	2. Intern.	3. Intern.
260	2	1		
255				
250				
245				
240	1		2	1
235				
230	1	1	1	1
225				1
220	1		1	1
215			1	1
210	1	1		1
205			2	1
200	7	2	4	1
195	3		1	
190	4	2	2	7
185	3	3	2	
180	3	6	1	6
175		4	1	2
170	3	4	5	3
165	1	3	1	2
160		3	2	
155			2	
150			3	2
	30	30	30	30

Tabelle 80. **Zweig I.**

Weite der Markzellen und der Gefässe.

Höhe	Internodium	Markzellen-Weite	Gefäss-Weite
1/2	7	12,7 t3	10,6 t3
	6		11,9
	5	13,6	11,8
1/4	4	14,4	11,7—11,9
	2	**15,2**	10,9

Tabelle 81. **Zweig II.**

Weite der Markzellen und der Gefässe.

Höhe	Internodium	Markzellen-Weite	Gefäss-Weite
1/2	6		
	5	12,6 t3	10,3
	4	13,3	**10,9**
1/4	3	13,3	10,4
	2	**13,6**	10,15

Verhältnis der Dicke zwischen Achse und Wurzel.

An sämtlichen Exemplaren, die mir bei der vorliegenden Untersuchung, sowie bei Untersuchungen über die Jahresperiode des Wurzelwachstums durch die Hände gegangen sind, habe ich Beobachtungen über das Verhältnis der maximalen Dicken von Achse und Wurzel gemacht. Diese sind in folgenden Tabellen zusammengestellt.

Tabelle 82.

Einjährige Exemplare.

	I b	I bc	I a								
	21. III 1898.		20. X. 1898	29. XI. 1898	2. III. 1899		19. VII. 1899			7. VIII. 1899	
Gesamtlänge	261 mm	617	163	170	200	500	330	320	230	220	200
1. Internodium	6,75	9	5	6							
Cotyledonen		9,75			5	7	3,5	4,5	3	3	3
Hypocotyl	7,2	10	4				4		3,3		
Wurzelhals	8	11,5	5		6	7,5	4,5	5	3,5	3,5	4
W.-H. — 10mm	9									3,5	4
15								5		3,5	4
20		12,5		7						3,5	4
30			6		7,5	9				3,5	4
40					7,5	9	5		4	3,5	4
50						9				3,5	4
60						9					

Tabelle 83.

Zweijährige Exemplare.

	4. XI. 1898		2. III. 1899					10. VII. 1899					7. VIII. 1899
Gesamtlänge	1900 mm	1750	1800	1900	1000	500	500	400	500	500	650	950	1000
1. Internodium	15,2	19	19										
Cotyledonen			20		13,5	8		5	6,5	7	7	10,75	11
Hypocotyl	16	19,6		14,5			12	5,5	7	7,3	8	12,5	
Wurzelhals	19	22	24	15	15	9	12,2	6	8	8,75	9	13,5	12
W.-H. — 10mm				15	15,5	11,5		6,75	8		10	15,5	
20			24	15		11,5	13			9			14
30	20	24		15		11,5							
35						11,5							15
40						11,5	10,5						15
50							10,5						15
60													15
70													15
75													15

Am 2. März 1899 wurden auch noch zwei Exemplare von 400 und 350 mm Höhe, am 6. April 1899 solche von 1400, 1000, 1000, 800, 600 mm Höhe ausgegraben. Bei all diesen Exemplaren war die Wurzel dicker als der Stamm. Am deutlichsten zeigte sich dies immer bei den allerkleinsten und schwächsten Exemplaren, da bei diesen die Wurzel immer relativ stark entwickelt ist. Nur einmal konnte ich bei einigen Exemplaren ein abweichendes Verhalten constatieren. Bei vier Exemplaren von 1320, 1200, 750, 400 mm Höhe lag die maximale Dicke eben über dem Wurzelhals. Weiter nach unten wurde die Wurzel beträchtlich dünner. Veranschaulicht wird es durch folgende Tabelle:

Etwas über dem Wurzelhals	Dicke	18	17	13	11 mm
Etwas unter „	„	17,5	15	12	9 mm

Doch waren dies die einzigen Fälle, die der allgemeinen Regel widersprachen.

Tabelle 84. Dreijährige Exemplare.

	24. III. 1898		23. VIII. 1899	
Gesamtlänge	500 mm	1900	2000	2000
Cotyledonen	7	22	20	20
Wurzelhals	7,2	23	23	24
W.-H. — 10 mm				
— 20	8	24	24	25
— 30			24	25
— 40				25
— 50				25

Tabelle 85. Vierjährige Exemplare.

	IV a	IV b	IV c				Kleinere aber normale Exemplare	
	30. I. 1899	14. II. 1899	Unterdrückte Exemplare					
Gesamtlänge	5360,5 mm	4493	457,5	555	560	400	3000	3000
1. Internodium	45	37	5,5				28	24
Cotyledonen	46,5	38	7	7	6,5	6,5	28	25
Hypocotyl	49,5	41	7,5	7,5	7	6,5	30,3	26
Wurzelhals	56,5	47		8,5	7,5	7,25	32	27
W.-H. — 10 mm				9	8			
15						8		
20							32	30
30					8			
— 40			6	9				
— 50							30	
60		47						31
— 65		47						
70							28	

Tabelle 86.

Fünfjährige Exemplare.

	20. VII. 1899		
Gesamtlänge	3—4000	5000	6000 mm
Cotyledonen	28	47	55
Hypocotyl			58
Wurzelhals	29	53	60
W.-H. — 20 mm	31	59	65

Tabelle 87.

Esche vom Mai 1899.

Fünfjähriges Exemplar.

Gesamtlänge	550 mm
Cotyledonen	5,5
Hypocotyl	6,25
Wurzelhals	7
W.-H. — 10 mm	8,5

Tabelle 88.

Fagus silvatica vom Mai 1899.

	a) zweijähriges	b) vierjähriges Exemplar
Gesamtlänge	110 mm	200
Cotyledonen	1,5	1,5
Hypocotyl	2	2,3
Wurzelhals	2,5	3
W.-H. — 10 mm	3	
— 18		3,5
— 65		2,75

Tabelle 89.

Sorbus vom Mai 1899.

Zweijähriges Exemplar.

Gesamtlänge	485 mm
1. Internodium	2,75
Hypocotyl	3
Wurzelhals	3,5
W.-H. — 17 mm	3,75
— 34	3
— 68	2
89	1
110	0,5

Morphologie.

Hauptachse.

Die 7 von mir untersuchten Exemplare erreichten im ersten Jahr eine Höhe von 170,5 bis 1278,5 mm. Es waren ausgesuchte Exemplare von regelmässigem Wuchse, die in der Länge ihrer Internodien die grosse Periode des Wachstums deutlich erkennen liessen. Mit zunehmender Grösse des Jahrestriebes stieg die Internodienzahl von 9 bis auf 20, also bei weitem nicht im selben Verhältnis wie die Länge. Das längste Internodium befand sich meist in halber Höhe des Triebes, bei einigen Exemplaren jedoch in $^3/_4$ der Höhe oder noch etwas darüber. Seine Grösse stieg von 32 bis auf 95 mm, im allgemeinen gemäss der Länge der Triebe, wenn auch nicht so stark, da der Wert für das längste Internodium sich verdreifachte, der für den Jahrestrieb aber, wie wir eben sahen, um etwa das Siebenfache wuchs. Die Länge des Jahrestriebes ist also durch zwei Faktoren bedingt, nämlich die Internodienzahl und die Internodienlänge. Der letzte Faktor hat aber einen etwas grösseren Einfluss. Was die Dicke der Internodien anbetrifft, so nimmt diese von unten nach oben ab und zwar bei den kräftigeren Exemplaren in stärkerem Masse. Mit steigender Stärke des Triebes nimmt auch die Dicke sämtlicher Internodien zu.

Auch die Länge des Hypocotyl variierte um das Doppelte, während die Gesamtlängen, wie erwähnt, im Verhältnis von 1 : 7 stehen. Jedoch besitzt nicht immer der grössere Trieb auch ein längeres Hypocotyl, sondern es kommen von dieser Regel häufig beträchtliche Abweichungen vor.

Bei den drei einjährigen Exemplaren nimmt mit ihrer Grösse auch die Dicke des Hypocotyls um das Doppelte zu. Das Hypocotyl ist immer beträchtlich dicker als das 1. Internodium und zeigt eine weitere Zunahme in der Richtung nach der Wurzel zu, die selbst etwa 20—30 mm unter dem Wurzelhals ihre maximale Dicke erreicht und diese meistens ungefähr 30—40 mm weit nach unten hin beibehält (v. T. 82). Diese Verdickung ist so auffällig, dass sie sofort mit blossem Auge erkannt wird. Im allgemeinen macht sie sich um so stärker bemerkbar, je schwächer die Achse ausgebildet ist (z. B. Ex. I a).

Die Wurzeln waren bei den einjährigen wie auch bei den übrigen mehrjährigen Exemplaren nicht in ihrer ganzen Länge vorhanden; es fehlten die äussersten Enden von 1 mm Dicke an bis zur Spitze. Trotzdem waren aber die Wurzeln sehr gut unter einander vergleichbar. Die Wurzel zeigt ihre grösste Dicke, wie schon erwähnt 20—30 mm unter dem Wurzelhals und behält sie meistens auf einer Strecke von 30—40 mm bei. Von hier nimmt sie dann sehr regelmässig und continuierlich gegen die Spitze zu ab. Länge und Dicke der Wurzel nehmen mit der Grösse und Stärke der Exemplare zu. Bei kleinen und schwachen Exemplaren ist die Achse weniger entwickelt als die Wurzel, bei starken ist sie länger.

Mitte August stellt der Haupttrieb sein Wachstum ein unter Bildung der terminalen Winterknospe. Häufig jedoch treibt die Winterknospe noch in demselben Jahre, in dem sie angelegt wurde, aus, so dass ein doppelter Jahrestrieb entsteht.

Ein solcher kann auch ohne wirklichen Wachstumsabschluss schon allein durch Nachlassen und Wiederanschwellen der Wachstumsenergie entstehen.

In beiden Fällen kommt die Blattbildung und das Wachstum erst spät zur Ruhe. Oft ist die Winterknospe dann Ende Oktober noch nicht gebildet.

An dieser Stelle möchte ich noch einige Bemerkungen über die Knospenspur einschalten. Die Knospenspur besteht bei Acer Pseudoplatanus aus einer grösseren Anzahl ungestreckter Internodien, kenntlich durch die Narben der abgefallenen Knospenschuppen, die die Winterknospe mit bildeten. Nur in der Achsel der obersten und der untersten Schuppen treten kleine Knospen auf, die aber nicht austreiben. Auch die letzten und vorletzten Internodien jedes Jahrestriebes, also die unmittelbar unter der Knospenspur liegenden, zeigen ein besonderes Verhalten, das ich im Anschluss hieran gleich vorweg schildern will. Es treiben nämlich auch die Knospen des letzten Internodiums nicht aus, die des vorletzten in den meisten Fällen nur sehr schwach, so dass die Sprosse nur eine Länge von 15 mm besitzen, während die Sprosse des hierunter folgenden Internodiums eine solche von 700 mm erreichen könnnen. Allerdings kommen von der Regel, dass die Knospen des vorletzten Internodiums nur sehr kleinen Zweigen Ursprung geben, Ausnahmen vor, so namentlich an den beiden von mir genauer untersuchten vierjährigen Exemplaren. Doch liess die Untersuchung anderer Objekte keinen Zweifel darüber, dass diese Regel im allgemeinen besteht.

Im zweiten Jahr entwickeln alle kräftigen Exemplare einen viel längeren Jahrestrieb als im ersten Jahre. Als Beispiel mögen die Exemplare dienen, die am 4. November 1898 und am 29. November 1898 untersucht wurden. Ich setze die Tabelle noch einmal hier her.

		4. XI. 1898		29. XI. 1898.				
Oberer	II. Trieb	1450	1300	260	520	950	950	mm
Unterer	I. Trieb	450	450	140	230	250	370	

Ferner vergleiche man die Länge der Triebe von III a, IV a und IV b.

Bei III, IV a und IV b, kräftig entwickelten Exemplaren, ist, trotz grösserer Gesamtlänge der Triebe des zweiten Jahres, die Internodienzahl geringer als im ersten Jahr.

Die Trieblänge des unterdrückten Exemplars IV c verhält sich zu der von IV b wie 1 : 9, die Internodienzahl nur wie 1 : 3. Das maximale Internodium ist im zweiten Jahrestrieb beträchtlich länger als im ersten; dies gilt sogar für das unterdrückte Exemplar. Auch setzt der zweite Trieb gleich mit besonders kräftigem Wachstum ein. Denn während im ersten Jahrestrieb das Maximum der Internodienlänge im mittelsten Internodium in der halben Höhe oder in $^3/_4$ derselben und sogar noch darüber erreicht wurde, tritt es hier sehr früh auf, nämlich schon im zweiten oder dritten Internodium und zwar in $^1/_4$ der Höhe oder noch darunter. Es ist also ein sehr schnelles Steigen, danach ein langsames Fallen gegen das Ende zu verzeichnen. Beim unterdrückten Exemplar tritt aber das Maximum wie im ersten Jahre erst später in der Mitte des Triebes im mittelsten Internodium auf.

Eine sehr bedeutende Dickenzunahme findet im zweiten Jahr am Hypocotyl und am Wurzelhals statt. Es kommen vereinzelt Fälle vor, wo die Maximaldicke des Exemplars eben über dem Wurzelhals liegt und von dort nach unten die ganze Wurzel hindurch stetig abnimmt. Meistens findet sich jedoch das Dickenmaximum in der Wurzel selbst, jedoch nicht weit vom Wurzelhals entfernt. Die Wurzel behält diese Dicke aber nicht auf eine so grosse Ausdehnung bei, wie bei den einjährigen Exemplaren. Auch hier ist bei schwächeren Exemplaren der Unterschied zwischen Stamm- und Wurzeldicke auffallender.

Die Wurzel erfährt natürlich auch ein beträchtliches Längen- und Dickenwachstum. Die Wurzel eines kleineren zweijährigen, etwa 600 mm hohen Exemplars hatte eine Länge von über 700 mm. Auch über die Periodicität des Wurzel-Wachstums habe ich eine Reihe von Beobachtungen angestellt, die an anderer Stelle veröffentlicht werden sollen.

Das dritte Jahr unterscheidet sich nicht wesentlich vom voraufgehenden. Der Jahrestrieb ist oft noch etwas kräftiger als der zweite. Die Internodienzahl, sowie die Länge des maximalen Internodiums bleiben ungefähr die gleichen. Auch der Verlauf der grossen Periode ist ein übereinstimmender. In $^1/_4$ oder unter $^1/_4$ der Höhe findet sich das längste Internodium. Das unterdrückte Exemplar dagegen, dessen dritter Jahrestrieb 40,5 mm lang ist, besitzt nur noch acht Internodien (während der dritte Jahrestrieb bei IV a eine Länge von 1262 mm bei einer Zahl von 15 Internodien hat), von denen aber Internodium 1—4 beinahe gar nicht gestreckt sind. Das längste Internodium befindet sich in $^3/_4$ der Höhe und macht ebenso wie im zweiten Jahrestrieb beinahe die Hälfte des ganzen Längenzuwachses aus. Bei der Vergleichung der Dickenzunahme der ersten und der letzten Internodien jedes Triebes nach Ablauf seiner zweiten Vegetationsperiode zeigt sich schon äusserlich, dass an den oberen Teilen ein relativ viel stärkeres Wachstum stattgefunden hat. Es ist die Verjüngung des die Hauptachse nach oben abschliessenden einjährigen Triebes eine viel stärkere als die der älteren Jahrestriebe.

Ueber das Hypocotyl und die Wurzel ist nur zu sagen, dass sie annähernd dieselben Verhältnisse zeigen wie im zweiten Jahr. Die Wurzel ist dicker als das Hypocotyl. Doch ist der Unterschied weniger auffallend. Das Dickenmaximum besitzt die Wurzel dicht unter dem Wurzelhals.

Im vierten Jahre hatten die kräftigen Exemplare wieder Triebe gebildet bis zu einer Länge von 1700 mm, bei gleichbleibender oder nur mässig vermehrter Internodienzahl. Wie bei den früheren Jahrestrieben befindet sich das längste Internodium in $^1/_4$ der Höhe, im vierten oder fünften Internodium, während es im unterdrückten Exemplar, das im vierten Jahr eine Trieblänge von 40 mm besitzt, sich in der Mitte findet. Von den elf Internodien dieses Triebes besitzen sieben zusammen erst eine Länge von 6 mm. Mit zunehmendem Alter der Exemplare werden die Terminaltriebe stärker länger und dicker, die Verjüngung bleibt meist gleich gross, kann jedoch auch etwas steigen. Im ganzen Triebsystem nimmt die Dicke von unten nach oben continuierlich ab. Eine Ausnahme bilden oft die letzten Internodien der Triebe, direkt unter und in der Nähe der Knospenspur, sowie letztere selbst. Auf die kurzen Internodien wird wohl das Wachstum der grossen Seitensprosse, die dort sitzen, Einfluss haben. Die Verdickung steigt aber in den 4—5 untersten Internodien des ältesten Jahrestriebes viel rascher als weiter oben. Sehr auffällig hebt sich diese ganze Zone samt der Wurzel von den übrigen Teilen des Stammes ab. Es ist dies der sogenannte Wurzelanlauf. Die maximale Dicke befindet sich dicht unter dem Wurzelhals. Von hier nimmt die Dicke der Wurzel stetig nach unten ab. Wie lang sie bei den drei-, vier- und fünfjährigen Exemplaren war, stellte ich auch nicht annähernd fest, da ich von normalen grossen Exemplaren nur Bruchstücke der Wurzel untersucht habe.

Auch bei fünfjährigen Exemplaren wurde die maximale Dicke in der Wurzel dicht unter dem Wurzelhals gefunden.

Zweige.

Was die Entwicklung der Zweige anbetrifft, so ist darüber folgendes zu sagen. Das Austreiben der Axillarknospen kann manchmal wie das der terminalen Winterknospe noch in derselben Vegetationsperiode erfolgen, in der sie angelegt wurden, es hat aber in der Regel erst im nächsten Jahre statt. Die Achselknospen sind sämmtlich kleiner als die Terminalknospe. Ihre Grösse nimmt von der Winterknospe bis zur Basis ab. Beim doppelten Jahrestrieb zeigen die Knospen, die dicht unter der primären Winterknospe sassen, eine kräftigere Entwicklung. Die untersten Knospen entwickeln

sich gar nicht oder nur sehr wenig. Die Knospen der mittleren Region bringen nur sehr kurze Triebe, die oft bald verkümmern, hervor, während eine etwas kräftigere Ausbildung an der Spitze des Triebes stattfindet. Bei kräftigen Exemplaren erreichen die Zweige dort eine Länge von 50—60 mm, während die Zahl der Internodien drei bis vier beträgt. Die Internodienzahl und -Länge ist aber ganz bedeutend geringer als bei der Hauptachse. Der Abschluss des Wachstums durch Bildung einer Winterknospe erfolgt an den Zweigen viel früher als beim Haupttrieb.

Im dritten Jahr wachsen die Zweige des ersten Jahrestriebes meist nur kümmerlich weiter, in dem sie etwa nur drei Internodien von 50—60 mm Länge bilden. Die Axillarknospen dagegen, die im zweiten Jahr angelegt wurden, treiben viel kräftiger aus als im Jahr vorher. An den basalen Internodien abortieren die Knospen meist oder geben nur zur Bildung sehr kümmerlicher Sprosse Anlass. In den darauf nach oben folgenden Internodien sind die Zweige kräftiger entwickelt, bleiben aber im allgemeinen kurz. Nur ausnahmsweise erreichen sie dort eine beträchtlichere Länge. So besitzt z. B. IV a am 6., 7., 8. und am 9. Internodium Sprosse von 90 bis 550 mm Länge. An den obersten Internodien dagegen, mit Ausnahme des letzten und vorletzten (siehe p. 77) erreichen die Zweige des zweiten Jahrestriebes im Vergleich zu denen des ersten Jahrestriebes immer eine ziemlich bedeutende Länge. Bei IV a weisen die vier Zweige vom 14. und 15. Internodium eine solche bis zu 709,5 mm auf. Am dreijährigen Exemplar ist ein Seitentrieb 374 mm lang. Das Maximum der Zweiglänge wird also hier ungefähr an den obersten und kürzesten Internodien gefunden, während die Seiten-Sprosse der längsten Internodien fast immer die kleinsten sind. Dies stimmt im ganzen auch mit den Angaben, die Vöchting*) in der Einleitung des zweiten Teiles seiner „Organbildung“ macht, überein.

An den oben erwähnten Zweigen ist auch der Verlauf der grossen Periode sehr deutlich ausgeprägt. Das maximale Internodium befindet sich in der halben Höhe des Triebes und stellt etwa das dritte von unten dar. An dem grössten Zweig von IV b [709 mm] dagegen ist das zweite Internodium in $^1/_4$ der Höhe das längste. Man bemerkt hier also dasselbe wie an der Hauptachse, dass nämlich bei kräftigerer Entwicklung die grosse Periode des Wachstums eher eintritt, und daher das maximale Internodium der Basis näher sitzt. Die Länge dieser Internodien beträgt 110 resp. 117 mm bei den beiden stärksten Seitentrieben. Auffallend ist, dass hier die maximalen Internodien sich in ihrer Länge sehr beträchtlich von den übrigen unterscheiden. Nach oben pflegt meist ein bedeutend kürzeres zu folgen, das in einigen Fällen nicht einmal ihre halbe Länge erreicht. Von diesem an findet eine langsame Abnahme bis gegen die Spitze zu statt.

Die Gesamtlänge der Zweige beträgt hier im zweiten Jahrestrieb der Hauptachse aber nur höchstens etwas mehr als die Hälfte der Grösse dieses Haupttriebes. Meist bleibt sie noch erheblich darunter. Hand in Hand geht hiermit eine Verminderung in der Internodienzahl wie in der Länge des maximalen und der übrigen Internodien, wenn sie auch bei weitem nicht in gleichem Massstabe erfolgt.

Im vierten Jahr wachsen die Zweige des ersten Jahrestriebes nur noch schwach weiter, bilden meist nicht mehr als drei Internodien von 50—60 mm Gesamtlänge. In vielen Fällen werden sie aber auch ganz abgeworfen. Bemerken will ich jedoch, dass ich ganz vereinzelt Exemplare fand, die 300 mm lange dreijährige Zweige an ihrem ersten Jahrestrieb besassen. Aber auch dies ist im Vergleich zu den Seitensprossen der jüngeren Jahrestriebe eine sehr geringe Entwicklung. Es ist anzunehmen, dass der Lichtmangel beim Abwurf der Zweige eine gewisse Rolle spielt. Am zweiten Jahrestrieb treiben die schwachen Zweige nur gering, die kräftigen stark aus. Es kommen wesentlich also nur die an den höchsten Internodien sitzenden in Betracht. Der Trieb des zweiten Jahres erreicht bei ihnen eine Länge bis zu 600 mm und ist oft grösser als der im vorletzten Jahr gebildete. Die Internodienzahl

*) Vöchting: Ueber Organbildung im Pflanzenreich. II. Teil. Bonn 1884. p. 1—13.

und -Länge unterliegt keinen grossen Schwankungen, und das maximale Internodium befindet sich in $^1/_4$ der Länge. Alles was über die vorjährigen Triebe, deren Verlängerung sie bilden, gesagt wurde, gilt auch für diese. Die Internodien nehmen den ganzen zweijährigen Zweig hindurch nach der Spitze zu stetig an Dicke ab.

Der untere zweijährige Trieb des Zweiges ist natürlich viel dünner als der dritte zwei Jahre alte Haupttrieb, dessen basale Internodien die des Zweiges an Dicke beinahe um das dreifache übertreffen. Auch der zweite Jahrestrieb des Zweiges kann mit dem vierten einjährigen Haupttrieb sich nicht messen, da dieser etwa die doppelte Länge und Dicke besitzt.

Dies kann man nicht mehr von den im vierten Jahr ausgetriebenen Sprossen des dritten Jahrestriebes sagen. Zwar ist der Haupttrieb, der mit ihm in derselben Vegetationsperiode entstanden ist, beinahe doppelt so dick, dagegen ist der Abstand in der Länge nicht mehr so gross. Auch ist eine etwas grössere Anzahl kräftig entwickelter Seitenzweige vorhanden. Es wird also mit zunehmendem Alter der Unterschied in der Entwicklung der terminalen und der obersten Axillarknospen geringer. Dies gilt natürlich nicht für die Knospen in der Nähe der Knospenspur, nämlich die des letzten und vorletzten Internodiums des Triebes, die ganz besondere Verhältnisse zeigen, deren Beschreibung oben schon gegeben wurde (vergl. p. 77). Mit der Grösse des Zweiges ist natürlich auch die Zahl und die Länge seiner Internodien gewachsen. Das maximale Internodium sitzt in $^1/_4$ der Höhe des Triebes.

Anatomie.

Mark.

Das Mark ist in den untersten Internodien von kreisrunder, in den obersten von sechseckiger Gestalt und zeigt ein sehr regelmässiges Verhalten. Vom 1. Internodium an steigt der Durchmesser desselben im 1. Jahrestrieb bis in die höchsten Internodien, oft bis ins vorletzte um das 3- bis 4fache. Aber der Durchmesser nimmt vom 1. Internodium auch nach unten hin zu und erreicht das Maximum in den meisten Fällen im Wurzelhals, seltener schon im Hypocotyl, wo er die doppelte Grösse haben kann, oft aber weit darunter bleibt. Von hier nimmt er nach unten sehr schnell an Grösse ab, bis das Mark 60—120 mm unter dem Wurzelhals ganz verschwunden ist. Das Minimum der Markbreite liegt also im 1. Internodium.

In der Wurzel besteht das Mark zum grössten Teil aus lebenden, unverholzten Zellen, die sehr viel Stärke von verschiedener Korngrösse aufspeichern können. Erst weiter nach oben finden sich vereinzelt in der Mitte des Markgewebes tote Zellen. Diese zeigen hier in der Wurzel aber eine zusammengefallene Membran im Gegensatz zu den toten Stellen im Mark des Stammes, die eine etwas verdickte, verholzte Membran besitzen. In derselben Zone also etwa 10—20 mm unter dem Wurzelhals treten auch zuerst verholzte Zellen auf, die aber sämtlich noch leben und mit Stärke angefüllt sind. In den unteren Internodien des Jahrestriebes ist schon eine grosse Anzahl toter Zellen vorhanden, und nimmt, je weiter man nach oben kommt, immer mehr zu. Charakteristisch ist, dass sie in der Achse verholzt sind.

Zwischen ihnen finden sich nun zerstreut Zellen von geringerer Weite. Sie enthalten mehr oder weniger Gerbstoff. Ausserdem zeigen sich noch Zellen, die gerbstofffrei sind, aber grosse Mengen von Stärke aufweisen.

Nach Berthold*) bleiben von den übrigen Markzellen einzelne ebenfalls lebendig, besonders in der Nähe der eben besprochenen; sie enthalten etwas Zucker. Auch die dem Holz aufliegenden 2 bis 4 Schichten des peripheren Marks sind enger, reich an Stärke und zum grossen Teil auch an Gerbstoff**).

Das Maximum der Markbreite in den obersten Internodien des Jahrestriebes steht in keinem erkennbaren Verhältnis zur Länge desselben, wohl aber in einem ganz bestimmten zur Dicke des betreffenden Internodiums des 1. Jahrestriebes, denn der Markdurchmesser beträgt dort immer fast genau die Hälfte der ganzen Internodiendicke.

In der Winterknospe fand Berthold***) eine erhebliche Verbreiterung des Markes. Ich untersuchte die Knospenspur und konnte dort dasselbe fesstellen. Der Durchmesser nimmt etwa um $^1/_3$ bis $^1/_2$ seiner Grösse zu, so dass das Maximum des 1. Jahrestriebes beinahe um $^1/_3$ überschritten wird.

*) Berthold: Untersuchungen zur Physiologie der pflanzlichen Organisation. 1898. p. 103.
**) Berthold. p. 103.
***) „ p. 104.

Ueber den anatomischen Bau der Winterknospe seien hier noch einige Bemerkungen eingeschaltet. Für Acer platanoides ist er schon von Schröder*) näher beschrieben worden, für Acer Pseudoplatanus von Berthold**). Der in der Knospenbasis abschliessende verholzte Teil des Markes wurde schon von Schröder als Markkuppe, das darüber folgende durch seine weissgelbliche Farbe auffallende Stück von A. Fischer***) als Oxalatnest bezeichnet. Hier ist das Mark meist erheblich erweitert. Das Oxalatnest ist meist gegen 1 mm lang. Darüber liegt eine 0,7—1 mm lange chlorophyllführende Achsenpartie mit dem Vegetationspunkt. Die unteren Zellen sind collenchymatisch verdickt. In der Markkuppe sind alle Zellen verholzt und lebend. Sie geht rasch aber continuierlich in das normale Mark über, in dem sich auch tote Zellen finden. Markkuppe und Oxalatnest sind reich an Gerbstoff. Die Gerbstoff führenden Zellen sind hier sehr zahlreich und liegen nicht in Reihen, einzeln oder in mehr unregelmässigen Gruppen. Nach unten nimmt ihre Zahl allmählich ab.

Ueber dieser gerbstoffreichen Region liegt eine gerbstoffärmere, in der die Zellen in kurzen Reihen angeordnet sind. Diese tritt schon im Frühsommer in der Winterknospe auf.

In gerbstoffarmen Exemplaren findet in der ersten Zeit der Knospenentwicklung im Mark der Achse eine Produktion neuer Gerbstoffzellen nur in der Weise statt, dass die schon in der Winterknospe vorhandenen Reihen und Gruppen von Gerbstoffzellen sich mit der Entwicklung der ganzen Achse ebenfalls weiter entwickeln†). Erst später treten neugebildete gerbstofführende Zellen auf, deren Anzahl gegen die Spitze des Triebes zunimmt.

Bei den vierjährigen Exemplaren habe ich einige Zählungen betreffs der Anzahl der gerbstoffhaltigen Markzellen auf der Flächeneinheit vorgenommen. Als solche wählte ich dieselbe Einheit wie die für die Zahl der Gefässe. Ihre Zahl war im untersten Jahrestrieb am grössten. In allen Jahrestrieben nimmt die Anzahl von unten nach oben ganz erheblich zu (vergl. Tab. 36 und 47). In den oberen Internodien liegen sie nicht mehr in Reihen, sondern mehr einzeln angeordnet.

Dieselben Erscheinungen treten ein, wenn sich in einem Jahr eine doppelte Triebperiode zeigt (vergl. Tab. 13, 16 und 28).

Der 2. und die folgenden Jahrestriebe verhalten sich nun vollkommen gleich und treten dadurch in Gegensatz zum 1. Jahrestrieb, dass sich von der Knospenspur an die Markbreite durch sämtliche Internodien hindurch stetig verringert und zwar um etwa $^1/_4$—$^1/_3$, um in der Winterknospe dann plötzlich das Verlorene wieder zu gewinnen, ja oft darüber hinauszusteigen und dann im nächsten Trieb das Spiel wieder von neuem zu beginnen. Das Maximum liegt dann also immer in der Knospenspur. Dort macht der Markdurchmesser aber wegen der starken Holzbildung nur den siebenten Teil der Gesamtdicke aus, während er im letzten Internodium, in dem das Minimum liegt, die Hälfte der Dicke beträgt. Diese Verbreiterung des Markes tritt überall in der Winterknospe ein. Sie findet sich daher auch in den doppelten Jahrestrieben an der Stelle, wo die primäre Winterknospe ausgebildet worden war (vergl. Tab. 12, 15 und 27.) Im 1. Jahrestrieb überschreitet die Markweite im höchsten Internodium allerdings oft noch weit die halbe Gesamtdicke. Im letzen Internodium der Triebe geht nämlich die Breite des 1. Holzringes bis auf $^1/_2$—$^1/_3$ des Markradius zurück.

Holz.

Was den Bau des Holzes von Acer Pseudoplatanus anlangt, so will ich hier nur einige Sätze aus der von Berthold††) gegebenen Beschreibung anführen:

*) Pringsheims Jahrbücher. Bd. 7. 1869—70 p. 302.

**) Berthold. Untersuchungen zur Physiologie der pflanzlichen Organisation. 1898. p. 104.

***) Pringsheims Jahrbücher. Bd. 22. 1890. p. 121.

†) Aus Berthold. 1898. Untersuchungen. p. 110

††) Berthold p. 102.

„Die primären Markstrahlen sind 2- bis 4- schichtig, die sehr zahlreichen sekundären meist 1- schichtig, aber auch von ihnen viele aus 2 bis 3 Zelllagen bestehend. Die Gefässe liegen, vom Primärholz abgesehen, selten einzeln, meist gruppenweise so, dass 2 bis 5, zuweilen noch mehr in radialer Richtung hintereinander liegen. Der Rest des Holzes besteht wesentlich aus lufthaltigen Fasern und Ersatzfasern, letztere stärker verdickt mehr in der Umgebung der Gefässe, erstere mit etwas weiterem Lumen in den grösseren Zwischenräumen zwischen den Gefässen. Die in jedem Jahr zuletzt gebildeten zwei bis mehrere Holzschichten bestehen aus Ersatzfassern."

Jahresringe. a) Breite: Der 1. wie auch die folgenden Jahresringe besitzen ihre maximale Breite in der Hauptachse im Hypocotyl. Von hier fällt sie continuierlich bis zur Spitze. Das Verhältnis der Breite im ersten und letzten Internodium steigt im 1. Jahrestrieb nach der Grösse der Exemplare von 7 : 1 bis auf 23 : 1. Die Abnahme in der Breite der Jahresringe ist unverhältnismässig bedeutender als die der Internodiendicke. Eine ähnliche Abnahme findet sich überall in dem jüngsten Jahrestrieb der Hauptachse, wo ein stetiges Schmalerwerden des Holzringes von der Basis bis zur Spitze zu verzeichnen ist.

Der 2. Jahresring jedes Triebes (vom Centrum nach aussen zu gezählt) besitzt in der Mitte des Jahrestriebes eine geringere Dicke, ist an der Spitze aber wieder stärker. Die Breite ist dann im letzten Internodium die gleiche wie im ersten. Hiervon macht nur der 2. Holzring des 1. Jahrestriebes eine Ausnahme, da an dem Hypocotyl ein so kräftiges Dickenwachstum eintritt, dass an der Spitze im letzten Internodium nicht dieselbe Ringbreite erreicht werden kann. Die Ursache für das eben geschilderte Verhalten des zweiten Holzringes ist darin zu suchen, dass sich jeder Terminaltrieb sehr stark verjüngt, während der neu austreibende sofort mit sehr kräftigem Wachstum einsetzt.

Im 3. und 4. Jahresring findet meist nur eine schwache etwas unregelmässige Verschmälerung des Ringes nach oben hin statt. In den Jahresringen tritt also von unten nach oben eine stetige Abnahme der Breite ein, (von kleinen Abweichungen abgesehen), die bis in die Mitte des vorletzten Triebes andauert, wo der betreffende Ring den 2. darstellt. Hier zeigt sich ein Minimum. Dann folgt ein kurzes Steigen und endlich im Terminaltrieb ein sehr schnelles continuierliches Fallen.

Die Breite der Jahresringe nimmt in diesen ersten vier Jahren unter im ganzen gleich bleibenden Verhältnissen von innen nach aussen zu.

In der Wurzel wächst vom Wurzelhals nach unten hin die Breite in allen Jahresringen. Zuerst erreicht der innerste sein Maximum und zwar an der Stelle wo auch das Dickenmaximum der ganzen Wurzel sich findet. In späteren Jahren sinkt das Maximum der Holzringbreite immer weiter nach unten. Vom Maximum an fällt die Dicke der Jahresringe etwa in ähnlichem Verhältnis wie die Gesamtdicke der Wurzel. Dies ist dadurch ermöglicht, dass das Mark in der Wurzel bald verschwindet und 120 mm unter dem Wurzelhals nicht mehr vorhanden ist.

Andere Verhältnisse weist das unterdrückte Exemplar auf. Im ersten Jahr ist es sowohl in der Wurzel, wie in der Achse normal, wenn auch nur schwach gewachsen. Der Holzring des folgenden Jahres ist in der Wurzel und an der Basis der Achse viel schmäler, in der Mitte des ersten Jahrestriebes ebenso stark ausgebildet, an seiner Spitze viel stärker. Hier an der Spitze des 1. Jahrestriebes besitzt er sein Maximum, von wo er als innerster Ring des 2. Jahrestriebes gegen dessenEnde zu rasch an Breite abnimmt.

Der im dritten Jahre gebildete Ring hat seine grösste Mächtigkeit im 3. Jahrestrieb. Weiter nach unten nimmt er sehr rasch an Breite ab und im 1. Jahrestrieb ist er nur noch mit Mühe zu erkennen, im Hypocotyl endlich ist er ganz verschwunden. Auch in der Wurzel ist er nicht aufzufinden, wenigstens nicht bis 190 mm unter dem Wurzelhals. Da die äusserste Spitze der Wurzel fehlte, so konnte ich nicht feststellen, ob die Wurzel im 3. Jahr überhaupt gewachsen war.

Es zeigt also dieser Fall, wo ein Holzring von oben nach unten allmählich schmäler wird und sich endlich im Hypocotyl auskeilt, dass Frank Schwarz mit seiner Polemik, die er deswegen gegen Hartig richtet, nicht vollständig im Recht ist (vergl. Einl. p. 7). Dass die Beobachtung von Frank Schwarz, nach Ueberschreitung des Minimums finde wieder eine Vermehrung des Flächenzuwachses statt, in vielen Fällen richtig sein mag, lehrt das Verhalten des im 4. Jahre entstandenen Jahresringes. Dieser besitzt seine maximale Breite im 4. Internodium des 4. Jahrestriebes. Dieselbe nimmt dann nach unten bis zur Basis des 2. Jahrestriebes stetig ab, um von dort im 1. Jahrestrieb gegen das Hypocotyl zu steigen und dort ein 2. Maximum zu erreichen, das dieselbe Grösse hat wie das obere. Bis zum Wurzelhals verringert sich die Breite dann ein wenig, steigt wieder in der Wurzel, um dann bis zur Spitze schnell zu fallen.

Was die Angabe Mohl's anbetrifft, dass im allgemeinen in der Wurzel die Jahresringe enger sind als im Stamm (vergl. p. 6), so ergeben meine Untersuchungen, dass wenigstens in der Jugend vom Hypocotyl bis zur dicksten Stelle der Wurzel noch eine Zunahme in der Breite der Ringe erfolgt. Mohl's Angaben, dass die Breite der Ringe im Stamm von oben nach unten abnehme, wurde schon von Hartig wiederlegt (p. 7), dessen Resultate mit meinen vollkommen in Einklang stehen.

Zu erwähnen ist noch, dass bei den doppelten Jahrestrieben von Acer kein doppelter Jahresring zur Ausbildung gekommen war.

b) Flächenzuwachs: Aus der Jahresringbreite kann man nicht in allen Fällen auf den Flächenzuwachs schliessen. Da wir aber in der Hauptachse für jeden Jahresring von oben nach unten mit Ausnahme seines im vorletzten Jahre gebildeten Teiles eine Zunahme in der Ringbreite festgestellt haben, so werden wir nicht fehlgehen, wenn wir im allgemeinen für den Flächenzuwachs ebenfalls eine Vermehrung von oben nach unten annehmen. Thatsächlich kommen auch nur hin und wieder kleine Abweichungen vor, die jedoch den ganzen Gang nicht erheblich stören.

Am regelmässigsten ist der Zuwachs im 1. Jahrestrieb. Das Verhältnis zwischen dem ersten und letzten Internodium ist ein sehr schwankendes von 13: 1 bis 100: 1 und steht in keinem bestimmten Verhältnis zur Länge der Exemplare. Es lässt sich daher nur sagen, dass im allgemeinen die grösseren Exemplare im Vergleich zu den schwächeren einen relativ stärkeren Flächenzuwachs an der Basis des 1. Jahrestriebes zeigen. In der Wurzel findet meist sofort eine ziemlich beträchtliche Zunahme statt, die bei kleineren einjährigen Exemplaren besonders bemerkbar ist. In stärkeren Exemplaren ist sie nur selten so auffallend, aber immerhin noch sehr bedeutend. Das Maximum des Flächenzuwachses wird im 1. inneren Ring an der dicksten Stelle der Wurzel erreicht, für den folgenden kann es nur wenig tiefer liegen, da der Radius der inneren Holzringe von hier an sehr schnell kleiner wird, so dass es nicht lange durch die noch zunehmende Breite der äusseren Ringe compensiert werden kann.

In dem unterdrückten Exemplar entspricht der Zuwachs im ganzen der Jahresringbreite. Nur im Hypocotyl zeigt sich im 2. und 4. Jahresring (der 3. ist hier nicht mehr vorhanden) trotz Abnahme der Ringbreite eine Vergrösserung des Flächenzuwachses. Da die Jahresringe in der Achse in gleicher Höhe von innen nach aussen an Breite zunehmen, so muss natürlich auch der Flächenzuwachs steigen (vergl. Tab. 21, 31, 43.)

Gefässe. a) Weite: Im 1. Jahrestrieb steigt die Weite der Gefässe vom Hypocotyl nach oben bis zu einem Maximum, das ohne bestimmte Regel in $^1/_4$ bis $^1/_2$ der Höhe des Triebes liegt. Eine Ausnahme bilden die beiden sehr kräftigen vierjährigen Exemplare, da bei ihnen das Minimum nicht im Hypocotyl, sondern bei IV a im 1., bei IV b im 2. Internodium liegt. Nachdem das Maximum erreicht ist, verringert sich die Gefässweite beständig bis zur Spitze des Triebes.

In der Wurzel steigt die Weite der Gefässe vom Hypocotyl, resp. bei IV a und IV b vom 1. oder 2. Internodium an nach unten bis zu etwa $^2/_3$ der Wurzellänge, einer Stelle, wo die Gesamtdicke der Wurzel nicht mehr als die Hälfte der maximalen Dicke beträgt.

Man sieht hieraus, wie gänzlich unabhängig die Gefässweite von der Dicke der Internodien oder der Wurzel ist. Aber auch von der Länge der Internodien ist sie nicht abhängig. Die Maximalweite findet sich manchmal im längsten, aber eben so gut auch in sehr kurzen Internodien.

Das Verhältnis der Maximalweite zur Minimalweite an der Basis des Triebes beträgt 5: 6—7 und ist auch ganz unabhängig von der Länge oder Dicke der Triebe. Das Verhältnis zwischen Maximum und dem apicalen Minimum wird ungefähr durch 2: 1 ausgedrückt. Auch die Unterschiede in der Minimal- und Maximalweite selbst ändern sich nur wenig mit der Grösse der Exemplare, nehmen nur im Verhältnis von 2: 3 zu. Das Maximum der Gefässweite in der Wurzel ist grösser als das im Stamm. Es verhält sich zum basalen Minimum wie 8,5:5. Bei den kräftigen Exemplaren steigt vom basalen Minimum nach unten die Gefässweite gleich sehr schnell (vergl. Tab. v. III. IV a und IV b.)

Der im 2. Jahr gebildete Ring zeigt im 1. Jahrestrieb genau dasselbe Verhalten wie der 1. Holzring. Er hat in gleicher Höhe wie dieser sein Maximum und sein basales und apicales Minimum der Gefässweite. Nur sind die Werte überall grösser, stehen aber in keinem erkennbaren Verhältnis zur Zunahme der Ringbreite oder zum Flächenzuwachs. Natürlich sind auch die relativen Unterschiede zwischen dem Maximum und dem oberen Minimum kleiner geworden. Im 2. Jahrestrieb ist dieser Jahresring im 1. Internodium durch eine Vergrösserung der Weite der Gefässe ausgezeichnet. Er besitzt dort ein 2. Maximum, das kleiner ist als das 1.. Von hier an nimmt die Gefässgrösse dann langsam beständig gegen die Spitze zu ab. Bei dem unterdrückten Exemplar findet sich dies 2. Maximum nicht.

In der Wurzel tritt in gleicher Weise wie in der Achse eine Vergrösserung der Gefässe im 2. Jahr ein. Das Verhältnis, in dem das Wurzelmaximum und das basale Minimum zu einander stehen, bleibt annähernd dasselbe. Das Maximum ist nur viel weiter gegen die Spitze der Wurzel verschoben und findet sich bei der genau untersuchten zweijährigen Wurzel (II c) 700 mm unter dem Wurzelhals an einer Stelle, wo der 1. Jahresring bereits verschwunden ist und die Wurzel nur noch eine Dicke von 1,9 mm, also nur den siebenten Teil ihrer Maximaldicke besitzt. Die Weite der Gefässe ist aber von 15 auf 27 t_3 gestiegen. Auch im unterdrückten Exemplar zeigt die Wurzel im 2. Jahr das gleiche Verhalten.

Der im 3. Jahr gebildete Holzring weicht im untersten Jahrestrieb hinsichtlich der Gefässweite nur in den absoluten Werten ab, die sämtlich grösser sind. Maximum und Minima liegen in gleicher Höhe wie bei den beiden inneren. Nur die relativen Unterschiede sind noch etwas geringer geworden. Im 2. Jahrestrieb liegt aber das Maximum höher und zwar in $^1/_4$—$^3/_4$ der Höhe, im 3. bis 9. Internodium. In einigen Fällen ist es grösser, in anderen kleiner als das Maximum des untersten Jahrestriebes. Vom 2. Maximum an nimmt die Gefässweite ununterbrochen bis gegen das Ende des Triebes ab. Dem unterdrückten Exemplar fehlt auch im Holzring des 2. Jahres das 2., obere Maximum. Bei ihm findet vom Maximum im 1. Jahrestrieb bis zur Spitze des Exemplars ein continuierliches Fallen statt. Bemerkenswert ist auch, dass bei ihm im untersten Jahrestrieb das Maximum nicht in derselben Höhe wie in den beiden vorhergehenden Jahren liegt. Es findet sich 2 Internodien höher. Doch hängt dies wahrscheinlich mit der besonderen schon geschilderten Beschaffenheit dieses abnormen Jahresringes zusammen.

Im 3. Jahrestrieb tritt keine Vergrösserung der Gefässweite mehr ein, sondern sie nimmt dort gegen das Ende des Triebes ziemlich stark ab.

Das Verhalten der Wurzel konnte aus Mangel an geeignetem Material nur unvollständig untersucht werden. Bis zu 270 mm unter dem Wurzelhals wies sie noch eine beträchtliche Zunahme in der Weite der Gefässe auf (3: 5) (IV b). Es ist aber nicht als wahrscheinlich anzunehmen, dass die früher geschilderten Verhältnisse sich wesentlich ändern sollten.

Im 4. Jahr tritt eine auffallende Veränderung ein. Das sogenannte basale Minimum ist nach oben bis ins 11.—15. Internodium verschoben, liegt also in $^1/_2$—$^3/_4$ der Triebhöhe. Von hier wächst die Weite nach unten continuierlich bis zum Wurzelmaximum, nach oben bis zu einem im 2. Jahrestrieb sich findenden Maximum, das in gleicher Höhe oder noch weiter nach oben als das 2. Maximum der älteren Jahresringe liegt.

Im Vergleich zu den älteren Jahresringen steigt die Weite der Gefässe aber so stark, dass das Minimum in diesem Ringe grösser ist als das Maximum im vorhergehenden Jahresring. Das Maximum des jüngsten Ringes ist deshalb auch ganz bedeutend grösser als das des vorletzten. Im 4. Jahrestrieb setzt sich das Fallen der Gefässweite bis zur Spitze ohne Unterbrechung fort. Dasselbe gilt auch für das unterdrückte Exemplar. Auch in der Wurzel ist ein bedeutendes Steigen zu verzeichnen.

Im 2. und 3. Jahr ist die Curve der Gefässweite also durch zweimaliges Ansteigen ausgezeichnet. Bemerkenswert ist dabei, dass das Maximum und die Minima des 1. Jahrestriebes sämtlich in gleicher Höhe liegen, während das Maximum im 2. Jahrestrieb in den jüngeren Jahresringen weiter nach oben rückt.

Im 4. Jahre fällt die untere Periode ganz weg und es bleibt nur das Maximum im 2. Jahrestrieb übrig. Nach den Angaben von Sanio, Hartig und Bertog über die Lage der maximalen Gefässweite ist nun anzunehmen, dass dieses 2. Maximum in den folgenden Jahren immer weiter nach oben bis zu einer bestimmten Grenze steigt. Ausserdem steht sicher fest und auch in Uebereinstimmung mit allen darüber gemachten Angaben, dass die Gefässweite in den Jahresringen von innen nach aussen in den ersten Jahren ganz beträchtlich steigt. Zu erwähnen ist auch, dass mit zunehmendem Alter im Zusammenhang mit der Erstarkung der Pflanze sich in den Terminaltrieben die Weite der Gefässe vergrössert.

Der Zweig zeigt ähnliche Verhältnisse wie die Hauptachse. Im 1. Jahre steigt die Gefässweite von seiner Basis bis zu einem Maximum in der Mitte des Triebes und fällt dann wieder gegen die Spitze. Die Differenzen sind aber auch relativ kleiner als im 1. Jahrestrieb der Hauptachse. Im Holzring des 2. Jahres finden wir eine ähnliche Periode und das Maximum in demselben Internodium. Im 2. Jahrestrieb hat dann eine continuierliche Abnahme statt. Das Maximum der Gefässweite ist bei dem zweimal so langen 1. Jahrestrieb von IV b im 2. Ring nur ein wenig grösser, im 2. sogar geringer als bei IV a.

Es ist dies ein weiterer Beleg dafür, dass die Weite der Gefässe von der Länge der Triebe und der Internodien ziemlich unabhängig ist, da in IV a auch das betreffende Internodium kürzer ist als in IV b. Zu bemerken ist noch, dass die Gefässweite im untersten Internodium des 1. Jahrestriebes von der Mitte bis zu seiner Basis unmittelbar über der Ansatzstelle sinkt.

In einem einjährigen Zweig vom 3. Jahrestrieb fand sich das Maximum im 3. Internodium in $^1/_4$ der Höhe. Die Differenzen in der Gefässweite sind aber sehr gering. Sie ist in diesem Zweige aber grösser als im eben beschriebenen zweijährigen.

Bei der Vergleichung der Gefässweite der Zweige mit der der entsprechenden gleichalterigen Triebe der Hauptachse ergiebt sich, dass die Gefässe im Zweig enger sind. Auch an der Ansatzstelle der Zweige sind die Gefässe der Hauptachse weiter. Wir haben aber eben gesehen, dass der höhere Zweig, an dessen Ansatzstelle die Hauptachse engere Gefässe besitzt als weiter unten an der Ursprungstelle des zweijährigen Zweiges, grössere Gefässweite aufweist als der ältere Zweig. Diese Thatsache beweist, dass die für Pinus silvestris von Sanio*) aufgestellte Regel (N. 3) über die Abhängigkeit der Gefässweite der Aeste von der des Hauptstammes wenigstens für Acer Pseudoplatanus nicht gilt.

---

*) Sanio: Ueber die Grösse der Holzzellen in der gemeinen Kiefer. Pringsheims Jahrbücher 1872. Bd. 8.

b) Relative Zahl: Die Zahl der Gefässe auf der Flächeneinheit ist im obersten Internodium jedes Terminaltriebes am grössten und nimmt in allen Jahresringen gegen das Hypocotyl zu ab, in der Wurzel dann wieder zu. Das Minimum findet sich überall im Wurzelhals, bei einigen Exemplaren 10—20 mm darunter. In den Terminaltrieben fällt die Zahl der Gefässe am schnellsten. Die relative Abnahme von oben nach unten ist in allen Exemplaren die gleiche. Die Extreme der Minima sind 4,9 bei IV a und 11,1 bei I a. Die relative Zahl ist in den schwächeren Exemplaren ziemlich viel grösser. In der Wurzel findet ein beständiges Steigen statt, das aber nicht so bedeutend ist wie in der Achse.

Im 2. Jahresring ist die Zahl der Gefässe auf der Flächeneinheit überall geringer als im 1. Jahr. Dies gilt auch für die Wurzel.

In den weiter nach aussen folgenden Jahresringen nimmt die relative Anzahl der Gefässe immer weiter ab, und zwar steht das Minimum im 1. Jahresring zu dem im 4. im Verhältnis 3:2.

Es stimmt dies Ergebnis nicht mit den von Hartig*) gemachten Angaben überein, wonach die Zahl auf 1 Quadratmillimeter mit dem Alter zunimmt. Hartig giebt z. B. bei einem 120jährigen Buchenstamm in 1,3 m Höhe an:

im Alter	von	0—30	Jahren	85	Gefässe	pro	1 Qmm.
„	„	„ 30—60	„	110	„	„	„ „
„	„	„ 60—90	„	140	„	„	„ „
„	„	„ 90—120	„	135	„	„	„ „

Es ist hier aber aus den ersten 30 Jahren der Durchschnitt gezogen, während meine Zahlen für jeden der 4 ersten Jahresringe einzeln berechnet sind. Das für die Hauptachse gesagte gilt im grossen und ganzen auch für die Zweige. Auch im 1. Internodium des 1. Jahrestriebes fällt die Anzahl der Gefässe auf der Einheit noch beträchtlich gegen die Basis hin. Im Vergleich zu den entsprechenden gleichaltrigen Trieben der Hauptachse besitzen die Zweige relativ mehr Gefässe.

c) Absolute Zahl: Aus der Zuwachsfläche, die ich in den Einheiten angegeben habe, auf der die Zahl der Gefässe gezählt wurde, liess sich dann die absolute Zahl der Gefässe für den ganzen Holzring leicht berechnen. Diese Zahlen können natürlich keine grosse Genauigkeit beanspruchen. Immerhin werden sie ein einigermassen richtiges Bild liefern.

Die absolute Zahl der Gefässe steigt im allgemeinen in allen Jahresringen von der Spitze gegen die Basis des Exemplars. Nur in den unteren Internodien des 1. Jahrestriebes fällt diese Zahl. In der Wurzel nimmt sie dann sehr stark und schnell zu. Das basale Minimum liegt im Hypocotyl oder im Wurzelhals, in einigen Fällen auch im 1. Internodium. Es befindet sich meistens in den 4 aufeinander folgenden Jahresringen in gleicher Höhe. Nur bei den beiden kräftigen vierjährigen Exemplaren liegt es im 1. Jahre im 1. Internodium, bei IV a in den 3 folgenden im Hypocotyl, bei IV b dort in den 2 nächstfolgenden, im 4. im Wurzelhals. Die absolute Zahl ist bei den sehr kräftigen Exemplaren grösser als bei den kleinen. Eine feste Regel lässt sich jedoch nicht aufstellen. In I a beträgt das basale Minimum 839, in IV a 4200.

In der Wurzel steigt die Anzahl sofort sehr stark und zwar bei den einjährigen Exemplaren bis zur dicksten Stelle der Wurzel, wo das Maximum das oben vorhergehende Minimum in einzelnen Fällen um das Doppelte übertrifft. Von dort nimmt dann die Zahl der Gefässe wieder ab.

In den folgenden Jahren steigt die absolute Zahl wegen der bedeutenden Zunahme des Dickenwachstums trotz der Abnahme der Gefässzahl auf der Einheit. Die Minimalwerte an der Basis des 1. Jahrestriebes steigen im 2. und 3. Jahr ungefähr jedesmal um das Doppelte.

*) Hartig ref. bei Büsgen. Bau und Leben unserer Waldbäume. p. 117. R. Hartig und R. Weber. Das Holz der Rotbuche. 1888. p. 28.

Im unterdrückten Exemplar ist die Gefässzahl in den späteren Jahresringen wegen des nur in geringem Masse zunehmenden, meist sogar abnehmenden Flächenzuwachses verbunden mit dem Rückgang der relativen Gefässzahl, viel kleiner, kein Steigen, sondern nur ein Fallen bemerkbar. Ueberhaupt ist das Verhalten im unterdrückten Exemplar wegen der geschilderten Verhältnisse ein sehr unregelmässiges. Z. B. findet sich das Maximum der absoluten Gefässzahl im 4. Jahre im 4. Internodium des Terminaltriebes.

In der Wurzel steigt die Anzahl enorm. In IV b verhalten sich die Zahlen vom 1. zum 3. Ring 50 mm unter dem Wurzelhals wie 1 : 5.

Von all diesen Verhältnissen kommen nun im einzelnen viele Abweichungen vor, die jedoch das eben geschilderte Bild nicht zu stören vermögen. Wie schon oben angedeutet, findet sich an der Basis des 1. Jahrestriebes eine mehr oder weniger lange Periode der Abnahme in der Gefässzahl.

Bei den kleineren, schwächeren Exemplaren macht sich nur im Wurzelhals ein ganz plötzlich eintretendes Fallen bemerkbar. In den sehr kräftigen vierjährigen Exemplaren dagegen fängt diese Periode in den verschiedenen Jahresringen in verschiedener Höhe an, vereinzelt schon im 8. Internodium, d. h. eben über $^1/_4$ der Höhe des unteren Triebes, meist aber erst tiefer (vergl. Tab. 34 und 46). Nach den vorliegenden Ergebnissen dürfte man annehmen, dass die absolute Zahl der Gefässe in späteren Jahren noch weiter zunimmt. Hierauf scheinen ja auch die eben citierten Zahlen von Hartig zu deuten (p. 87).

Dass auch an älteren Bäumen die absolute Zahl von oben nach unten, die relative in umgekehrten Sinne zunimmt, geht auch aus Angaben von Büsgen*) hervor.

Doch liegen die Verhältnisse an älteren Bäumen sehr compliciert. Im Stamm scheint die absolute Anzahl gleich zu bleiben, in der Krone dagegen sehr schnell zu fallen, während die relative stetig zunimmt.

Markstrahlen: Die Zahl der Markstrahlen nimmt von oben bis weit in die Wurzel hinein ab. Im allgemeinen sind in den schwächeren Exemplaren mehr vorhanden. Doch lässt sich keine feste Regel aufstellen, da z. B. IV c und IV a im Wurzelhals die gleiche Zahl zeigen, trotzdem der erste Jahrestrieb von IV a etwa fünfmal so lang ist wie der von IV c.

In der Wurzel wurde das Minimum 50—150 mm unter dem Wurzelhals erreicht. Von hier steigt dann die Zahl sehr schnell bis zur Spitze.

In den folgenden Jahresringen fällt die Zahl der Markstrahlen nach aussen, wenn auch nicht sehr stark.

In den Terminaltrieben nimmt die Zahl am schnellsten ab, in den nach unten folgenden Trieben nur sehr langsam.

Dasselbe gilt auch für das unterdrückte Exemplar.

Die Zweige zeigen ganz ähnliche Verhältnisse.

Beim Vergleich der Zweige mit den entsprechenden gleichalterigen Trieben der Hauptachse zeigt sich, dass die Markstrahlen im Zweig überall auf der Einheit zahlreicher sind, wenn auch bei weitem nicht umgekehrt proportional der Dicke.

In der Wurzel befindet sich das Minimum im 2. Jahre an derselben Stelle wie im 1.. Die Zahl steigt dann aber langsamer gegen die Wurzelspitze.

Meine Ergebnisse bestätigen also im allgemeinen die Sätze von Essner und Fischer (vergl. Einl. p. 5 und 6).

---

*) Büsgen. Bau und Leben unserer Waldbäume p. 118.

Rinde.

Ueber die Rinde ist nicht viel zu sagen. Im vierten Jahre findet sich noch die primäre Rinde. Schon im ersten ist Korkbildung eingetreten. Die Dicke der Rinde steigt von oben nach unten, um im Hypocotyl oder an der dicksten Stelle der Wurzel das Maximum zu erreichen und von dort wieder zu fallen.

Das Maximum ist bei allen Exemplaren etwa doppelt so gross wie das Minimum. In den letzten Internodien der Terminaltriebe hat daher die Rinde einen bedeutend grösseren Anteil an der Gesamtdicke als bei den übrigen. Die Differenzen in der Grösse des Minimums und Maximums sind ausserordentlich gering. Die Werte steigen für die stärkeren Exemplare nur um etwa $^1/_3$.

Daher ist auch bei den schwächeren Exemplaren in den letzten Internodien die Rinde bedeutend breiter als das Holz, bei den stärksten geringer.

Ergänzende Untersuchungen an einigen anderen Objekten.

Quercus Robur.

Die Angabe von Mohl, dass bei der Eiche in der Wurzel die Gefässe nicht so weit wie im Stamm seien,*) veranlasste mich, auch an der Eiche einige Untersuchungen vorzunehmen.

Es wurde ein einjähriges Exemplar gewählt, welches ziemlich regelmässig gewachsen war. Es hatte allerdings zum 2. Male ausgetrieben und zu dem ersten 131 mm langen Jahrestrieb noch einen 10 mm langen Johannistrieb von 4—5 Internodien gebildet. Der erste Trieb bestand aus 10 Internodien. Das maximale Internodium betrug 23 mm und sass in $^2/_3$ der Höhe, also sehr weit nach oben. Die Dicke nahm vom Ende des Triebes bis zur Basis und weiter in der Wurzel bis 20 mm unter der Ansatzstelle der Cotyledonen zu, wo das Maximum erreicht wurde, um erst 20 mm tiefer wieder zu fallen und allmählich gegen das Ende abzunehmen. Die Wurzel wurde nur bis zu 260 mm Länge herausgebracht. Doch genügte dieses Stück vollkommen, um alles wesentliche festzustellen. Zwischen der Ansatzstelle der Cotyledonen und der Wurzel war das Hypocotyl nicht entwickelt, sondern die Achse ging sofort an dieser Stelle in die Wurzel über.

Das Mark ist kreisrund, zeigt aber ein von Acer Pseudoplatanus abweichendes Verhalten. Das Maximum der Markweite fand sich in der Wurzel 10 mm unter den Cotyledonen. Von hier nahm die Weite sowohl nach unten wie nach oben ab, fiel aber in der Achse continuierlich weiter bis gegen das Ende des Triebes, während sie bei Acer im 1. Jahrestrieb vom Hypocotyl bis beinahe zur Spitze steigt.

Auffallend ist ferner, dass das Mark selbst 260 mm unter den Cotyledonen noch vorhanden ist und zwar in einer Breite von über $^1/_5$ der maximalen Grösse, während es bei Acer immer schon 60 mm unter dem Wurzelhals verschwunden ist.

Zur Orientierung über den Bau des Holzes schicke ich einige Zeilen**) aus der anfangs citierten Mohl'schen Arbeit voraus.

„Das Eichenholz gehört zu denjenigen Hölzern, bei welchen der innerste Teil des Jahresringes durch eine zahlreiche Menge sehr grosser Gefässe (von 0‴, 1468***) ausgezeichnet ist. Diese innerste Abteilung des Jahresringes fällt auf dem Querschnitt des Holzes nicht bloss durch seine Porosität, sondern auch durch seine helle, gelbliche Farbe auf den ersten Blick auf. Die im übrigen Teile des Jahresringes liegenden Gefässe sind so eng, dass sie mit blossem Auge nicht gesehen werden können, und

*) Mohl. Bot. Ztg. 1862. p. 284.
**) Mohl 1862, Bot. Ztg. p. 282.
***) 1‴ fast genau gleich 2 mm (Würt. Fuss).

der Uebergang von den weiten zu den engen Gefässen ist ein äusserst schroffer, so dass nur da und dort ein oder ein paar Gefässe von mittlerer Weite gefunden werden, und im Allgemeinen unmittelbar auf die poröse Zone eine durchaus compacte Holzmasse folgt, in welcher die Zahl und Grösse der Gefässe äusserst vermindert ist."

Im Holz des einjährigen Exemplars fehlt nun vollständig die eben beschriebene Zone mit den weiten Gefässen.

Die vorhandenen Gefässe sind sehr klein und liegen sehr zerstreut. Ihre Weite nimmt vom 1. Internodium bis zum 5. zu, und fällt von da an nach oben. In der Wurzel steigt sie gleichfalls und zwar ziemlich beträchtlich (I. Int. 10,6—17,7 t_3) bis sie 200 mm unter den Cotyledonen das Maximum erreicht. Von dort fällt sie dann ziemlich schnell. Das Maximum liegt also an einer Stelle, wo die Wurzel nur noch die Hälfte ihrer ursprünglichen Dicke besitzt.

Es ist damit festgestellt, dass im 1. Jahre auch die Eiche von der Regel, dass die Gefässe in der Wurzel grösser sind als im Stamm, keine Ausnahme bildet.

Bestimmungen über das Verhalten in späteren Jahren stehen mir nicht zu Gebote.

Fagus silvatica.

Es wurde eine kleine Buche, die im 4. Jahre stand, untersucht. Ihre Gesamtlänge betrug 200 mm, die Länge der sehr regelmässig gewachsenen Wurzel 230 mm. Das Hypocotyl war 70 mm gross, im Vergleich zu Acer also sehr lang. Der erste Jahrestrieb bestand nur aus 2 Internodien von 36 und 4 mm Länge. Der 2., 3. und 4. hatten zusammen eine Länge von 90 mm. Am 1. Internodium des 1. Jahrestriebes sass ein 11 mm langer Zweig.

Untersucht wurde nur der 1. Jahrestrieb. Die Dicke stieg im 1. Jahrestrieb von der Spitze bis zum Wurzelhals von 1,5 auf 3 mm, also um das Doppelte. Die maximale Dicke fand sich aber in der Wurzel 18 mm unter dem Wurzelhals und betrug dort 3,5 mm. Von hier fand in der Wurzel eine ganz allmähliche Abnahme bis zur Spitze statt. Die Dickenzunahme der Wurzel im Verhältnis zu Achse und Hypocotyl war hier also eine recht auffällige.

Zur Anatomie ist folgendes zu bemerken.

Das Mark ist kreisrund. Das Maximum der Markbreite findet sich im Wurzelhals und noch etwas weiter (18 mm) darunter. Nach oben und unten nimmt es dann continuierlich und ziemlich stark ab.

Im Holz findet sich eine ziemlich grosse Anzahl von Markstrahlen, die sehr verschieden breit sind. Die Gefässe sind im Jahreszuwachs gleichmässig verteilt, nehmen jedoch an Zahl und Grösse nach dessen äusserer Grenze ab. In radialer Richtung folgen oft 2—3 Gefässe auf einander, auch kommt es vor, dass sich zwei Gefässe in tangentialer Richtung berühren. Die Jahresringgrenze ist bei meinen Praeparaten etwas undeutlich. Im 4. Jahr ist noch die primäre Rinde vorhanden, während Korkbildung schon eingetreten ist.

Es wurde die Weite der Gefässe in den 4 Jahresringen untersucht. Die Weite der Gefässe steigt vom Hypocotyl in allen Jahresringen bis in die Mitte des 1. Jahrestriebes, d. h. 20 mm über der Ansatzstelle der Cotyledonen, 2 mm über der Mitte des 1. Internodiums. Von hier fällt sie continuierlich bis gegen das Ende des Triebes. Im Hypocotyl steigt die Gefässweite zum Wurzelhals hin und weiter in der Wurzel, um in den verschiedenen Jahresringen in verschiedener Tiefe das Maximum zu erreichen und dann gegen die Spitze zu fallen. Im ersten Jahresring wird das Maximum 65 mm, im zweiten 115 mm unter dem Wurzelhals erreicht, während die Gefässe im 3. und 4. Jahresring 200 mm unter dem Wurzelhals noch keine Abnahme in ihrer Weite zeigen. Das Minimumbefindet sich also im Hypocotyl.

Maximum, basales und apicales Minimum sind allerdings nur sehr wenig von einander unterschieden. In der Wurzel dagegen erfolgt eine viel bedeutendere Grössenzunahme als in der Achse.

In allen Jahresringen nimmt in gleicher Höhe die Weite der Gefässe von innen nach aussen zu. Die Werte für die Maxima steigen in der Wurzel wie der Achse vom 1. bis zum 4. Ring um über $^1/_3$. Wie bei Acer konnte ich auch hier feststellen, dass die maximale Gefässweite 12,8 und 12,9 t_3 der ganzen Pflanze sich 200 mm unter dem Wurzelhals fand an einer Stelle der Wurzel, die nur eine Dicke von 0,8 mm besass, während in der 3,5 mm dicken Region der Wurzel die Weite nur 10,6 t_3 betrug.

Sorbus.

Es wurde ein Exemplar von Sorbus, das im 4. Jahre stand, untersucht. Da es unter hohen Weiden gewachsen war, war es ein unterdrücktes Exemplar. Sein erster Jahrestrieb betrug 22,5 mm; das Hypocotyl hatte eine Länge von 19 mm, war also sehr gross. Der erste Jahrestrieb bestand aus 4 Internodien, von denen das 1. das längste war. Der 2. Jahrestrieb war sehr kurz (8 mm), der 3. bedeutend länger (52,5 mm). Der 2. Jahrestrieb bestand aus 3, der 3. aus 6 Internodien. Beim 2. Jahrestrieb war das mittlere (2.) beim 3. das 5. Internodium das längste. Die Dicke nahm im ganzen Exemplar von oben nach unten zu. Das letzte Internodium des 3. Jahrestriebes war etwas dicker als das vorhergehende, was auf Rechnung des oben früher beginnenden und schon weiter fortgeschrittenen Zuwachses zu setzen ist. Vom Hypocotyl bis zum Wurzelhals steigt die Dicke noch von 3 auf 3,5 mm. Diesen Maximalwert behält die Wurzel 5 mm lang bei und nimmt dann bis 110 mm unter dem Wurzelhals auf 0,5 mm ab.

Das Mark zeigt ein ähnliches Verhalten wie bei Acer Pseudoplatanus. Im 1. Jahrestrieb steigt die Grösse des Markradius nach oben allerdings nur sehr wenig; auch bleibt sie im zweiten, sehr kurzen Jahrestrieb auf derselben Höhe. Im 3. Jahrestrieb jedoch nimmt die Markweite im 1. Internodium beträchtlich zu, um nur bis zum 2. Internodium zu steigen und von dort gegen die Spitze zu fallen. Im Hypocotyl und noch mehr im Wurzelhals nimmt die Grösse beträchtlich ab. Hierin unterscheidet es sich von Acer Pseudoplatanus, bei dem der Durchmesser im Hypocotyl grösser ist als im 1. Internodium. Schon 17 mm unter dem Wurzelhals ist hier kein Mark mehr vorhanden.

Zum Bau des Holzes sei folgendes bemerkt. Das Holz ist durch eine grosse Menge feiner Markstrahlen ausgezeichnet. Die Jahresringgrenze ist nicht immer deutlich zu erkennen. Weite Gefässe finden sich meist nur im Frühjahrsholz in einer ziemlich schmalen Zone. Die Gefässe sind stellenweise in radialer Richtung etwas verlängert.

Die Breite der 3 Jahresringe nimmt im 1. Jahrestrieb von unten nach oben ab, in der Wurzel weiter zu und erreicht dort 17 mm unter dem Wurzelhals in allen Ringen ihr Maximum. Von hier nimmt dann die Breite der Ringe schnell ab, und 110 mm unter dem Wurzelhals sind die Ringe des 1. und 2. Jahres verschwunden. Im 2. Jahrestrieb nimmt der innere Holzring weiter ab, während der äussere Ring an Breite zunimmt. Im dritten Jahrestrieb steigt die Breite des Jahresringes erheblich im Vergleich zum 2. Jahrestrieb. Vom 2. Internodium an fällt dann die Breite des Ringes bis gegen die Spitze. Es ist dies das typische Verhalten unterdrückter Exemplare (vergl. IV c Tab. 51.), bei denen die Jahrringbreite von der Spitze aus nicht gleichmässig nach unten steigt, sondern bald ein Fallen zeigt, das meistens bis in die Nähe der Basis anhält. Dort findet sich dann in vielen Fällen wieder eine erhebliche Zunahme. In extremen Fällen ist aber an der Basis der Ring gar nicht mehr vorhanden, sondern hat sich wie in IV c vollständig ausgekeilt.

In der neuen Vegetationsperiode, in deren Anfang die Pflanze aus der Erde genommen wurde, hatte das Dickenwachstum eben begonnen und war deutlich am 3. Jahrestrieb festzustellen, wo der neugebildete Ring im 1. Internodium eine Breite von 1 t_2 (9,7 μ) besitzt. Eine solche von 7 t_2 zeigt sich im letzten, dem 6. Internodium, wo auch die Gesamtdicke des Internodiums ein wenig grösser ist als bei den vorhergehenden.

Im 1. und 2. Jahrestrieb und in der Wurzel ist dagegen noch kein Zuwachs erkennbar.

Die Rindendicke nimmt von oben nach unten ein wenig zu (20%), ist an der dicksten Stelle der Wurzel am stärksten (65 t_2) und nimmt von hier zuerst langsam, dann ziemlich schnell ab (bis 7 t_2). Im dritten Jahre ist die primäre Rinde noch vorhanden; Korkbildung ist dagegen schon im 1. Jahre eingetreten.

Für die Untersuchung der Unterschiede in der Weite der Gefässe ist Sorbus wegen der geringen Gefässgrösse kein sehr geeignetes Objekt. Da die Gefässe auf dem Querschnitt eine ziemlich längliche Form zeigen, wurde hier immer der grössere Durchmesser gemessen. Im ersten Jahresring waren die Gefässe so klein, dass sie nicht berücksichtigt wurden.

Im zweiten Jahresring lag das Maximum der Gefässweite 34 mm unter dem Wurzelhals (10 t_3), von wo es nach oben und unten fiel.

Im 3. Jahr steigt die Weite der Gefässe vom 1. bis zum 3. Internodium des 1. Jahrestriebes ein wenig (10,5—11 t_3), fällt dann, um erst im 1. Internodium des 3. Jahrestriebes ein 2. Maximum (10,8 t_2) zu zeigen. Von dort nimmt die Weite der Gefässe continuierlich gegen das Ende zu ab.

Vom 1. Internodium des 1. Jahrestriebes, wo sich das Minimum befindet, steigt die Gefässweite im Hypocotyl und in der Wurzel bis 68 mm unter dem Wurzelhals, wo das Maximum erreicht wird (12,t_3). Von hier sinkt sie dann sehr schnell (8,9, 7 t_3).

Die Periode ist also im 2. Jahre eine andere als bei Acer, während sie im 3. Jahre ihm wieder näher kommt.

Es muss jedoch noch einmal hervor gehoben werden, dass die Zahlendifferenzen so geringfügig sind, dass hier bei Sorbus keine durchaus sicheren Resultate vorliegen.

Auch hier verlohnte es sich nicht, die Anzahl der Gefässe oder der Markstrahlen auf der Flächeneinheit festzustellen.

Alnus glutinosa.

Von der Erle wurde ein kräftiger Terminaltrieb untersucht. Er besass 18 Internodien bei einer Gesamtlänge von 734 mm. Vom vorhergehenden Jahrestrieb wurde nur der obere Teil conserviert. Er hatte an seinen letzten Internodien sehr kräftige bis 555 mm lange Seitenzweige mit 18 Internodien.

Der letzte Jahrestrieb zeigte in seinem Bau deutlich den Verlauf der grossen Periode. Das längste Internodium war 73 mm lang. Es war das 11. und sass in halber Höhe des Triebes. Die Internodiendicke nimmt continuierlich von unten nach oben ab. Die Dicke des längsten Internodiums ist noch nicht halb so gross, wie die des ersten sehr kurzen. Alnus besitzt keine ausgeprägte Knospenspur, da der Uebergang zwischen 2 Jahrestrieben nicht durch eine Reihe vollständig gestauchter Internodien wie z. B. bei Acer Pseudoplatanus vermittelt wird.

Bereicherungszweige sind nur am 6.—12. Internodium vorhanden, also den mittleren Internodien des Triebes. Sie besitzen eine Länge von 5—314 mm und bestehen aus 1—10 entwickelten Internodien. Der mittelste ist am längsten, dann folgen nach oben und unten die übrigen. Bei den Zweigen ist auffallender Weise meistens das 1. Internodium am kräftigsten entwickelt; in einigen Fällen zeigt auch das 2. die grösste Länge. Die Maximallängen der Internodien der verschiedenen Zweige stehen aber bei weitem nicht im selben Verhältnis wie ihre Gesamtlängen (z. B. 314—163 und 65 : 50). Die Bereicherungszweige weisen überhaupt nicht so schroffe Differenzen auf, wie die Seitenzweige bei Acer.

Die Dicke der Internodien nimmt continuierlich gegen die Spitze ab. An diesem Verzweigungssystem sind nun oft die längsten Internodien der Zweige grösser als die Internodien des Haupttriebes,

an denen die Zweige sitzen. Der kräftigste Zweig erreicht noch nicht die Hälfte der Länge des Haupttriebes. Auch die Dicke der Zweige ist geringer, der Unterschied nimmt aber nach oben ab. Die Verjüngung ist beim Haupttrieb viel stärker als bei den Zweigen.

Ueber den anatomischen Bau des Internodiums sei kurz folgendes bemerkt. Die obersten Internodien eines 1jährigen Triebes sind immer 3kantig. Es hängt dies mit der Eindrittelstellung der Blätter zusammen. Auch im inneren Bau prägt sich diese aus. Das Mark hat immer die Form eines Dreiecks mit nach aussen concaven Seiten. Demgemäss behält auch der erste Holzring die Gestalt eines Dreiecks bei, nur dass sein äusserer Umfang meist durch gerade Linien, nicht durch concave Bögen begrenzt ist. In den Bereicherungszweigen ist die Spitze des Dreiecks nach oben gerichtet. Bei der Holzbildung stellt sich in ihnen sofort ein Gegensatz zwischen der unteren und der oberen Seite ein, indem sie auf der oberen Seite erheblich stärker ist als auf der unteren Seite. Dieser Gegensatz geht schliesslich verloren.

Bei den schrägen Zweigen von Acer Pseudoplatanus fand ich diese Epinastie nicht.

Im Holz sind ausserordentlich viel Markstrahlen vorhanden. Sie liegen so dicht nebeneinander, dass zwischen ihnen meist nur eine einzige Reihe radial angeordneter Gefässe Platz findet. Diese sind auch in radialer Richtung in die Länge gezogen. Oft hängen sie zu 5 7 in einer Reihe zusammen.

Im 2. Jahr ist die primäre Rinde noch vorhanden, Korkbildung aber schon eingetreten.

Da bei Alnus der radiale Durchmesser der Gefässe grösser ist als der tangentiale, so fragte es sich, ob bei vergleichenden Messungen die Werte für beide Durchmesser einander parallel gehen. Ich habe deshalb im Haupttrieb und in einem Zweig die Grössen beider Durchmesser festgestellt und die Werte in besonderen Tabellen zusammengestellt. Sie zeigen in beiden Fällen denselben Verlauf.

In der Hauptachse steigt die Weite der Gefässe vom 1. Internodium (15,2 t_3) bis zum 6., wo das Maximum (20,1 t_3) erreicht wird. Von hier fällt es bis zum letzten Internodium sehr stark (8,5). Das Maximum befindet sich hier in einem nur 45 mm langen Internodium in noch nicht $^1/_4$ der Höhe des Triebes.

Auch in den Bereicherungszweigen findet eine Zunahme in der Gefässweite statt und zwar bei den längsten bis zum 3., bei den kürzeren bis zum 2. Internodium, während bei den kleinsten schon in der Mitte des 1. Internodiums das Maximum erreicht war. Doch auch bei diesen zeigte sich, wie bei den übrigen, dass die Weite der Gefässe von der Mitte des Internodiums gegen seine Basis noch erheblich abnahm. Die Maximalwerte variierten nach der Länge der Zweige 20 314 mm von 5,5– 12,9 t_3.

Die maximale Gefässweite im Zweig ist immer geringer als die Weite in dem Internodium, an dem der Zweig sitzt. Die Gefässe sind also in den Bereicherungszweigen durchgehends enger als im Haupttrieb. Das Verhältnis in dem die Weiten zu einander stehen, ist natürlich verschieden. Der unterste Zweig mit einer Maximalweite von 12,8 t_2 sitzt am 6. Internodium, der die grösste Gefässweite des ganzen Triebes besitzt (20,1 t_2). Während nun in den Zweigen die Weite noch ein wenig steigt (bis 12,9 t_2), ist sie im Haupttrieb bis zu dem betreffenden 9. Internodium auf 16,7 t_2 gesunken. Weiter nach oben nimmt dann wieder die Maximalweite in den Zweigen schneller ab als die Gefässweite im Haupttrieb. Das Minimum der Gefässweite in den letzten Internodien der Bereicherungszweige ist überall kleiner als im Haupttrieb.

Im voraufgehenden Jahrestrieb steigt die Weite der Gefässe in beiden Jahresringen von oben nach unten. Im äusseren Ring ist sie erheblich grösser als im inneren. (8,5 17,2 t_3.)

Der oben erwähnte gerade in Bildung begriffene Jahresring zeigte in beiden Jahrestrieben eine beträchtliche Zunahme der Gefässweite. Im 14. und 17. Internodium des Haupttriebes stieg die Breite von 8,8 resp. 6,2 auf 13 resp. 11,5 t_2.

Die Zahl der Markstrahlen auf der Flächeneinheit fällt im Haupttrieb continuierlich von oben nach unten. Das Maximum an der Spitze ist etwa zweieinhalb mal so gross wie das Minimum an der

Basis (80: 32,4). In den Bereicherungszweigen findet derselbe Vorgang statt. Nur ist die Abnahme in der Zahl noch grösser, trotzdem die Zweige viel kürzer sind. In einigen Fällen beträgt das Minimum nur etwa $^1/_3$ des Maximums (119—41). Im Haupttrieb nimmt die Zahl der Markstrahlen nicht so stark ab wie die Internodiendicke zunimmt, in den Zweigen fällt letztere bei weitem nicht so stark wie die Vermehrung der Markstrahlen erfolgt. In den Seitenzweigen sind relativ viel mehr Markstrahlen vorhanden als im Haupttrieb. Nur die basalen Internodien enthalten oft weniger als die betreffenden Internodien, an denen der Zweig sitzt. Die Anzahl in diesen basalen Internodien ist unabhängig von der in der Hauptachse, sondern richtet sich nur nach der Länge der Zweige. Die stärker entwickelten Zweige besitzen weniger, die schwächeren relativ mehr Markstrahlen auf der Einheit.

Im vorhergehenden Jahrestrieb nimmt die Zahl der Markstrahlen nach unten weiter ab. Der äussere Ring besitzt erheblich weniger (70—29,4). Das Verhalten der Markstrahlen ist also hier das gleiche wie bei Acer. Nur sind wegen der grossen Menge der Markstrahlen die Verhältnisse hier viel klarer zu übersehen.

Polygonum cuspidatum.

Polygonum cuspidatum*) habe ich in meiner Dissertation eingehend untersucht. Im Folgenden sollen zu den dort erhaltenen Resultaten noch einige Ergänzungen gegeben werden in Bezug auf das Verhalten der Seitenzweige im Vergleich zur Hauptachse. Ich untersuchte ein Exemplar, das aus 34 Internodien bestand bei einer Gesamtlänge von 3861 mm. Das 7. Internodium besass die grösste Länge. Die Dicke der Internodien nahm von unten nach oben stetig ab.

Normal entwickelte Zweige sitzen am 14.—24. Internodium. Die Zweige am 11. und 13. Internodium sind etioliert und überlängert, die vom 6.—10. vertrocknet oder verkümmert, während an den basalen Internodien die Knospen gar nicht oder nur sehr wenig ausgetrieben sind. Der längste Zweig (I) vom 16. Internodium besteht hier aus 16 Internodien bei einer Gesamtlänge von 1000 mm. Nach der Spitze des Triebes zu nehmen die übrigen Zweige an Länge wie an Internodienzahl ab. Bei ganz regelmässig gewachsenen Trieben ist dasselbe auch nach der Basis des Triebes hin der Fall (vergl. Diss. p. 17 und 18).

Die Zweige besitzen sämtlich an ihrer Basis ein ganz kurzes Internodium, das bei den in meiner Dissertation angegebenen Messungen über den Gang des Wachstums nicht berücksichtigt wurde. Seine Länge beträgt nie mehr als 3 mm. Das darauf folgende Internodium (in dieser Arbeit immer als das 2. bezeichnet, in meiner Dissertation aber als das 1. angeführt) erreicht immer die maximale Länge. Das 3. Internodium ist erheblich kürzer, meist um 40%. Von hier an nimmt die Internodienlänge mit geringen Unterbrechungen bis zur Spitze des Zweiges ab. Die Dicke ist an dem 1., ganz kurzen Internodium am grössten, fällt im 2. um beinahe die Hälfte, um weiterhin nur ganz allmählich abzunehmen.

Bemerkenswert ist, dass während sich Gesamtlänge der Zweige V und I wie 1: 4 ihre Internodienzahl sich wie 1: 2 verhält. Auch fällt die Grösse des maximalen Internodiums nicht im Verhältnis der Gesamtlänge des Zweiges. In Zweig V nimmt es einen viel grösseren Teil der ganzen Länge ein wie in Zweig I, wie folgende Tabelle veranschaulicht, in der die Quotienten der maximalen Internodienlänge und der Zweiglänge zusammengestellt sind:

	I.	II.	III.	IV.	V. Zweig
Quotient $\frac{\text{maximale Internodienlänge}}{\text{Zweiglänge}}$ =	$^1/_7$	$^1/_7$	$^1/_5$	$^1/_4$	$^1/_3$

*) Auf Seite 67 meiner Dissertation findet sich die Angabe, dass in den horizontal geneigten oberen Internodien die Hauptmasse der Stärke sich an der Oberseite ansammelt. Bei der weiteren Verfolgung dieses Punktes im Herbst 1898 ergab sich jedoch, dass die ungleiche Verteilung der Stärke im Internodium wahrscheinlich in Beziehung steht zur Blattstellung. Ausserdem zeigte sie sich nicht in allen Internodien in gleicher Weise.

Während bei den eben geschilderten Zweigen 1. Ordnung das 2. Internodium die grösste Länge zeigt, ist dies bei den Zweigen 2. Ordnung nicht immer der Fall. Es kann wie bei den Seitensprossen von Zweig III das 3. oder 4. Internodium die maximale Länge erreichen. Auch hier ist das 1. Internodium sehr kurz. Vergleicht man die Zweige 2. Ordnung mit denen 1. Ordnung hinsichtlich der Gesamtlänge und Internodienzahl, so ergiebt sich, dass (Zweig I und Zweig II als Beispiel gewählt) die Gesamtlänge etwa dreimal so stark abnimmt wie die Internodienzahl.

Auch über die Grösse und Form der Blätter an Hauptachse und Zweig habe ich einige Beobachtungen angestellt. Bereits in meiner Dissertation hatte ich einige Angaben über die Form und Grösse der Blätter an den vegetativen Trieben von Polygonum cuspidatum gemacht. Diese erreichen nicht einmal die halbe Höhe der blütentragenden Triebe (Max. 1800 : 4000 mm), dagegen besitzen sie grössere Blätter als die fertilen Triebe (Maximum der Gesamtlänge 230 : 190 mm).

Ausserdem zeigen sie ausgeprägter wie die Hauptachse die Veränderung der Blattform von unten nach oben. In meiner Dissertation habe ich sie p. 12 folgendermassen beschrieben: „Die an den unteren Internodien der Hauptachse oder der Seitentriebe sitzenden Blätter zeigen die für Polygonum typische, spiessförmige Basis, doch so, dass sie dort fast ganz abgestumpft sind. Die maximale Breite der Spreite ist grösser als ihre Länge, der Stiel sehr lang. Nach oben hin nehmen die Blätter an Grösse zu bis zu einem Maximum, um dann gegen die Spitze wieder abzunehmen. Hierbei ändert sich die Form wesentlich. Die Länge des Stiels nimmt beständig ab, die Spreite erscheint mehr in die Länge gezogen. Es tritt eine ziemlich zugeschärfte Spitze auf, während die unteren Blätter vollständig abgestumpft sind. Die Blätter, die an den höchsten Internodien stehen, besitzen eine Spreite, deren Länge zweimal so gross ist wie ihre Breite."

Dieselbe Formänderung findet sich auch an den Blättern der Hauptachse und an den Zweigen. Die Spreite der Blätter ist an den untersten Internodien beinahe so breit wie lang, an den obersten Internodien etwa doppelt so lang wie breit.

Folgende Tabelle giebt hiervon ein gutes Bild:

Zweig	Internodium	Maximale Breite	Länge der Spreite
I	2	90 mm	92 mm
	16	36	68
III	2	90	115
	14	16	40

Auch nimmt die Länge des Stiels ganz regelmässig ab.

Zweig I 40—10 mm
„ III 20—10 „

Die am Zweig sitzenden Blätter sind kleiner als die an der Hauptachse, diese stehen wiederum denen der vegetativen Triebe an Grösse nach.

	Veg. Trieb	Hauptachse	Zweig
Maximum:	226	190	176*) mm

Die grössten Blätter stehen hier etwa $^3/_4$ der Zweiglänge von der Basis entfernt. Aehnlich ist es bei den vegetativen Trieben, wo sie etwas über die Mitte bis zu $^3/_4$ der Höhe stehen. Für die Zweige 2. Ordnung kann keine feste Regel mehr aufgestellt werden. Die Blätter sind dort natürlich noch kleiner (Maximum 90 mm).

In meiner Dissertation hatte ich auch einige Angaben über die Länge der Bastfasern in der Hauptachse gemacht und das Maximum dort im 9. Internodium gefunden (p. 62). Auch an dem

*) Gesamtlänge inclusive Stiel.

Exemplar, das ich für die ergänzenden Untersuchungen benutzte, stellte ich fest, dass das Maximum im 9. Internodium erreicht wurde.

Auch in den Zweigen steigt zuerst die Bastfaserlänge, erreicht ihr Maximum und sinkt dann continuierlich bis gegen das Ende. Das Maximum liegt bei den stärkeren Zweigen im 3., bei den schwächeren schon im 2. Internodium. Das 1. Internodium ist so kurz, dass sich schon durch Rechnung feststellen liess, dass die Bastfasern dort eine geringere Länge als die in den folgenden Internodien haben müssen. Auffällig ist, dass das Maximum sich so nahe der Zweigbasis findet.

Bei der Betrachtung der Tabellen bemerkt man aber, dass sich das Maximum der Bastfaserlänge nicht mit hinreichender Sicherheit lokalisieren lässt, da meistens 2 Internodien vorhanden sind, in denen sie nur wenig differiert.

Die absolute Grösse der Fasern ist in den Zweigen geringer als in der Hauptachse, wenn auch vereinzelt im Zweig längere Fasern auftreten können. Je kleiner der Zweig wird, um so mehr nimmt die Länge der Bastfasern ab.

Ferner wurde auch noch festgestellt das Verhalten der Gefässe und Markzellen in den Zweigen.

Wie ich in meiner Dissertation gezeigt habe (p. 23 und 60), sind die Gefässe am grössten im Bündeltypus 4. Ich untersuchte also nur die grössten Gefässe dieser Bündel.

Die Gefässweite nimmt nun im Zweig bis zu einem Maximum zu, um dann wieder gegen die Spitze zu fallen. Die Differenzen sind allerdings ziemlich gering. Auch ist das Maximum nicht ganz genau festzulegen (Zw. III.). Jedenfalls befindet es sich nicht im längsten Internodium, wie dies bei der Hauptachse der Fall ist, sondern viel höher im 4.—6., ja höher als das Maximum der Faserlänge, das in der Hauptachse über dem Maximum der Gefässweite liegt.

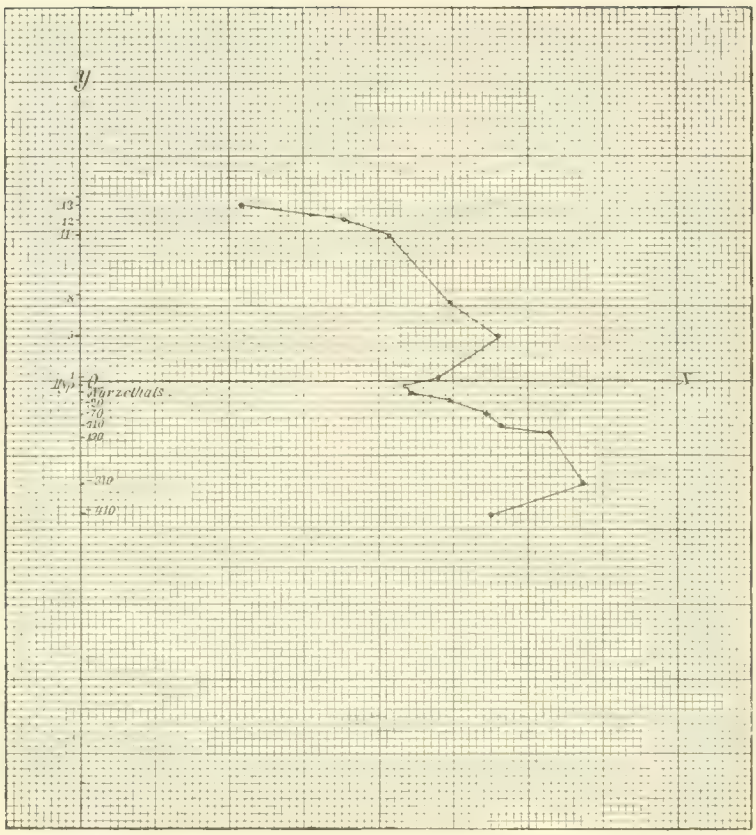
Auch frühere Messungen, am Exemplar vom Oktober 1896 ausgeführt, ergaben, dass sich in einem Zweig, der bei einer Länge von 1034 mm aus 12 Internodien bestand, das Maximum der Gefässweite im 6. Internodium befand.

Auch habe ich dort genau feststellen können, dass die Gefässe im Zweig kleiner sind als in dem entsprechenden Teil der Hauptachse über der Ansatzstelle des Zweiges.

Was die Weite der Markzellen anlangt, so ergiebt sich, dass sie auch im Zweig von der Basis bis zur Spitze continuierlich abnimmt. Die Weite der Zellen ist im Zweige kleiner als in der Hauptachse.

Der Zweig zeigt also hinsichtlicht der Bastfaserlänge, der Gefäss- und Markzellenweite im ganzen ein ähnliches Verhalten wie die Hauptachse.

Figur 1.



Figurenklärung.

Figur 1 stellt die Weite der Gefässe in dem einjährigen Exemplar I c dar, Figur 2 in dem vierjährigen Exemplar IV a.

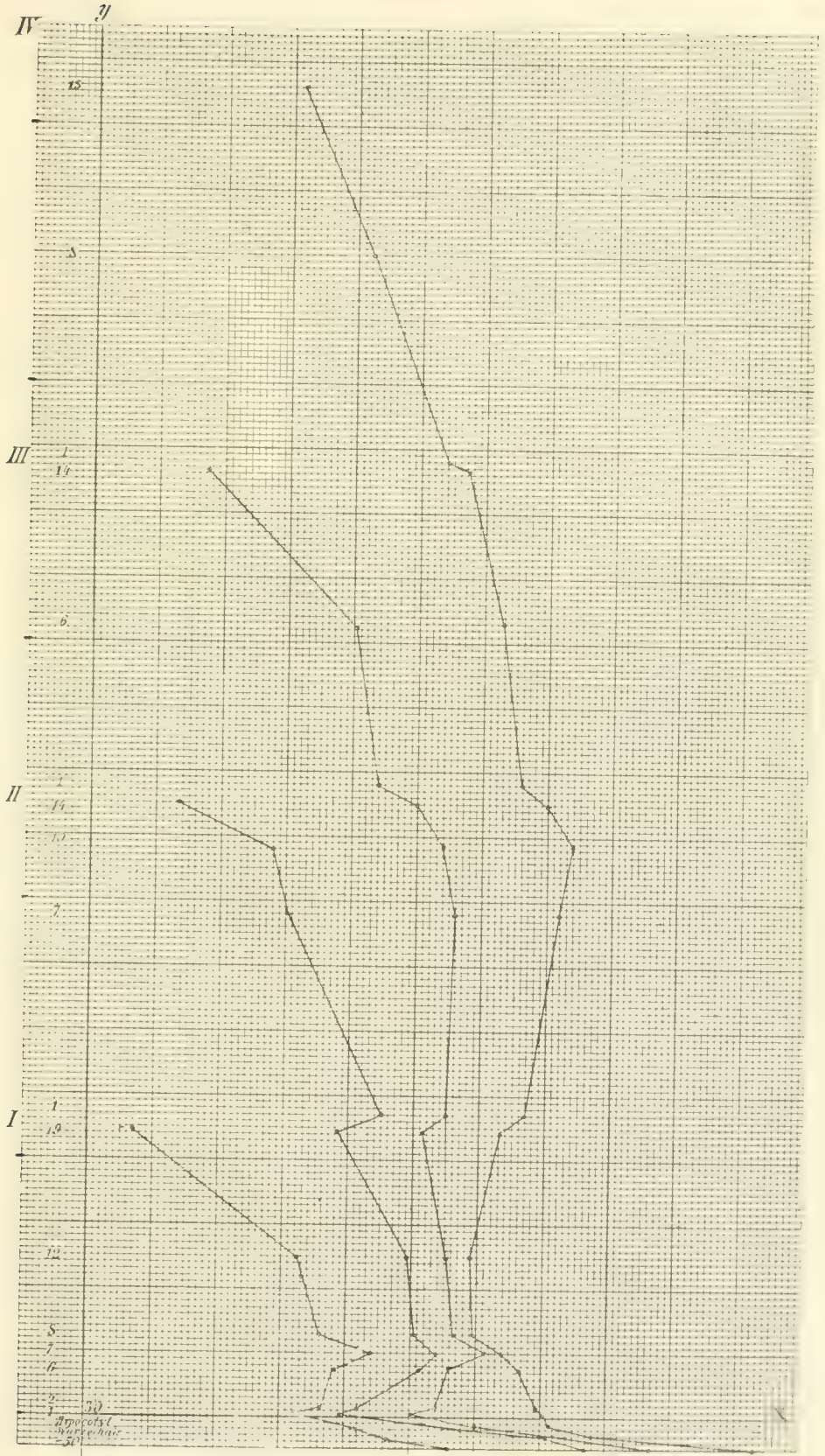
In beiden graphischen Darstellungen ist auf der senkrechten Y-Achse die Gesamtlänge der Exemplare und die Höhe der untersuchten Internodien über den Cotyledonen abgetragen und zwar um das 25 fache verkleinert. Der Nullpunkt fällt mit dem Ansatz der Cotyledonen zusammen.

Auf der wagerechten X-Achse sind dann die Weiten der Gefässe abgetragen in 1370 mal vergrössertem Massstabe.

In Figur 2 ist die Ordinatenachse des Coordinatensystems um 30 mm nach rechts verschoben, während in Figur 1 der Schnittpunkt beider Achsen den Nullpunkt darstellt.

In Figur 2 stellen die Curven die Werte der Gefässe der 4 aufeinanderfolgenden Jahresringe dar.

Figur 2.



Litteraturverzeichnis.

E. Amelung. Ueber mittlere Zellgrössen. Flora 1893. p. 176.

F. W. C. Areschoug. Beiträge zur Biologie der Holzgewächse. Acta Universitatis Lundensis. Tom. XII. 1875—76.

A. de Bary. Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig 1877.

G. Berthold. Untersuchungen zur Physiologie der Pflanzlichen Organisation. Erster Teil. Leipzig 1898.

H. Bertog. Untersuchungen über den Wuchs und das Holz der Weisstanne und Fichte. Forstl.-naturw. Zeitschr. 1895, 177.

M. Büsgen. Bau und Leben unserer Waldbäume. Jena 1897.

A. H. Burtt. Ueber den Habitus der Coniferen. Tübingen Dissert. 1899.

Essner. Ueber den diagnostischen Wert der Anzahl und der Höhe der Markstrahlen bei den Coniferen. Abhandl. der Naturw. Ges. zu Halle 1872.

A. Fischer. Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. Pringsheim's Jahrbücher. Bd. 22. 1890. p. 121.

H. Fischer. Ein Beitrag zur vergleichenden Anatomie des Markstrahlgewebes und der jährlichen Zuwachszonen im Holzkörper von Stamm, Wurzel und Aesten bei Pinus Abies L. Flora Bd. 68. 1885. p. 267.

J. Hämmerle. Zur physiologischen Anatomie von Polygonum cuspidatum Sieb. et Zuccar. Göttingen. Dissert. 1898.

R. Hartig. Zur Lehre vom Dickenwachstum der Waldbäume 1) Bot. Zeit. 1870. p. 505. 2) Danckelmann, Zeitschrift für Forst.- und Jagdwesen. Berlin 1870. Bd. 3. Heft 1.

Untersuchungen aus dem Forstbotanischen Institut zu München. Bd. I. Berlin 1860. Bd. II. Berlin 1882. Bd. III. Berlin 1883.

Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanze. Berlin 1891.

Ueber Dickenwachstum und Jahresringbildung. Bot. Zeit. 1892. p. 176.

Beziehungen zwischen dem anatomischen Bau und den physiologischen Aufgaben des Holzes. Sitzungsber. der Ges. für Morphologie und Physiologie in München. 1894. Heft I.—III.

Das Holz der Eiche. Bot. Centralbl. 1895. Bd. 61. p. 285.

R. Hartig und R. Weber. Das Holz der Rotbuche. Berlin 1888.

Th. Hartig. Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands. Berlin 1851.

Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen. Berlin 1878.

L. Jost. Ueber Dickenwachstum und Jahrringbildung. Bot. Zeit. 1891. p. 485. Hier findet sich ein Verzeichnis der älteren Litteratur.

Ueber R. Hartig's Theorie des Dickenwachstums und der Jahrringbildung. Bot. Zeit. 1892. p. 489.

Referat über die Arbeit A. Wieler's: Ueber Beziehungen zwischen dem secundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. Bot. Zeit. 1892. p. 513.

L. Jost. Beobachtungen über den zeitlichen Verlauf des secundären Dickenwachstums der Bäume. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1892. X. p. 587.

– Ueber Beziehungen zwischen der Blattentwicklung und der Gefässbildung in der Pflanze. Bot. Zeit. 1893. p. 89.

H. v. Mohl. Einige anatomische und physiologische Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln. Bot. Zeit. 1862. p. 284.

- Ein Beitrag zur Lehre vom Dickenwachstum des Stammes der dicotylen Bäume. Bot. Zeit. 1869. p. 1.

Nördlinger. Deutsche Forstbotanik. Stuttg. 1874.

L. Peters. Beiträge zur Kenntnis der Wundheilung bei Heliantus annuus L. und Polygonum cuspidatum Sieb. et Zuccar. Göttingen Dissert. 1897.

W. Rothert. Vergleichend-anatomische Untersuchungen über die Differenzen im primären Bau der Stengel und Rhizome krautiger Phanerogamen nebst einigen allgemeinen Betrachtungen histologischen Inhalts. Dorpat 1885.

Jul. Sachs. Physiologische Notizen. VI. Ueber einige Beziehungen der specifischen Grösse der Pflanzen zu ihrer Organisation. Flora 1893.

K. Sanio. Vergleichende Untersuchungen über die Elementarorgane des Holzkörpers. Bot. Zeit. 1863. p. 126.

– Vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung des Holzkörpers. Bot. Zeit. 1863. p. 396.

Ueber die Grösse der Holzzellen in der gemeinen Kiefer (Pinus silvestris). Pringsheim's Jahrbücher Bd. 8. 1872. p. 407.

K. Sanio. Anatomie der gemeinen Kiefer (Pinus silvestris). Pringsheim's Jahrbücher. Bd. 9. 1873. p. 50.

Schacht. Der Baum. Berlin 1853.

— Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Berlin 1856.

Jul. Schröder. Beitrag zur Kenntnis der Frühjahrsperiode des Ahorn (Acer Platanoides). Pringsheim's Jahrbücher B. 7. 1869—70. p. 302.

Frank Schwarz. Physiologische Untersuchungen über Dickenwachstum und Holzqualität von Pinus silvestris. Berlin 1899.

E. Strasburger. Bau und Verrichtung der Leitungsbahnen. Jena 1891.

H. Vöchting. Ueber Organbildung im Pflanzenreich. Bonn 1878—84.

A. Wieler. Ueber den Anteil des secundären Holzes der dicotylen Gewächse an der Saftleitung und über die Bedeutung der Anastomosen für die Wasserversorgung der transpirierenden Flächen. Pringsheim's Jahrbücher Bd. 19. 1888 p. 82.

Ueber die Beziehungen zwischen dem secundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. Tharander's Forstliches Jahrbuch. Bd. 42. 1892.

– Ueber die jährliche Periodicität im Dickenwachstum des Holzkörpers der Bäume. Tharander's Forstliches Jahrbuch. Bd. 48. 1898.

A. J. J. Van de Velde. Biydrage tot de scheikundige physiologie van den stam der boomen. Gent. 1895.

A. Wigand. Der Baum. Braunschweig 1854.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. Chr. Luerssen
in Königsberg i. Pr.

Heft 51.

Dr. J. Siim-Jensen:

Beiträge zur botanischen und pharmacognostischen Kenntnis

von

Hyoscyamus niger L.

Mit 6 Tafeln.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1901.

Berichtigungen.

S. 87. L. 19 u. 20 v. u.: Statt α, β, β, β, soll stehen α, β, β', β'';
S. 87. L. 15 u. 18 v. u.: Statt niger v. pusillus soll stehen niger o. pusillus;
S. 88. L. 16 v. u.: Statt **von** soll stehen **vor**.
Tafel III.
Fig. 18: Die Blattstellungszahlen der unteren Zweige sind ausgefallen, sind aber genau wie die des Zweiges B oder C.
Fig. 29: Im Cambium ist eine Zelle und im Holze deren 4 vom Zeichner nicht ganz fertig gezeichnet.
Fig. 31 u. 33: Die Schliesshaut der Tüpfel ausgefallen.
Tafel IV.
Fig. 42: Der Spaltöffnungsapparat links muss von 3 Zellen umgeben werden; es ist oben eine Seitenwand weggelassen.
Tafel VI.
Fig. 61: In der Einbuchtung oben links fehlen die Buchstaben gr.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. Chr. Luerssen
in Königsberg i. Pr.

Heft 51.

Dr. J. Siim-Jensen:

Beiträge zur botanischen und pharmacognostischen Kenntnis

von

Hyoscyamus niger L.

Mit 6 Tafeln.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1901.

Beiträge

zur

botanischen und pharmacognostischen Kenntnis

von

Hyoscyamus niger L.

Von

Dr. J. Siim-Jensen.

Mit 6 Tafeln.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1901.

Alle Rechte vorbehalten.

Druck der Oehler'schen Buchdruckerei, Heilbronn.

I. Einleitung.

Die vorliegenden Untersuchungen sind im botanischen Institut der Universität Marburg unter Leitung des Herrn Professor Arthur Meyer ausgeführt worden. Die Arbeit sollte in erster Linie ein Beitrag zur Kenntnis eines der in Deutschland und Skandinavien verbreitetsten Gewächse sein. Es fehlen uns nach der Ansicht des Herrn Professor Meyer Monographieen unserer wichtigsten einheimischen Gewächse, wie sie als Grundlage für eine wissenschaftliche „Flora" der einheimischen Pflanzenwelt dienen sollten. Ich habe in dieser Arbeit versucht, hauptsächlich den morphologischen und anatomischen Teil einer solchen Monographie von Hyoscyamus niger L. zu geben. Da ich bei der Bearbeitung der Aufgabe zugleich pharmacognostische Zwecke verfolgte, so habe ich weiter besonderen Wert auf die Untersuchung der Verteilung der Alkaloide gelegt und ferner zur Vergleichung immer wesentlich nur die medizinisch verwendeten anderen Solanaceen herbeigezogen. Die Menge der Alkaloide während der verschiedenen Entwicklungsphasen der Pflanze gedenke ich ausserdem noch chemisch-quantitativ zu bestimmen, mit Benutzung der neuesten im Marburger chemisch-pharmaceutischen Laboratorium ausgearbeiteten Methoden.

Als Untersuchungsmaterial verwendete ich teils einjährige Hyoscyamuspflanzen aus dem Marburger botanischen Garten, teils zweijährige wildwachsende Pflanzen, die in unmittelbarer Nähe des Frauenbergs bei Marburg auf Basaltboden in besonders kräftigen Exemplaren zu finden waren. Diese beiden Formen (☉ u. ☉☉) scheinen mir nach dem, was ich gelegentlich habe beobachten können, konstante Varietäten und nicht etwa nur Ernährungsmodifikationen zu sein, indem z. B. Keimpflänzchen der zweijährigen Varietät, die aus dem Freien in den botanischen Garten verpflanzt und hier weiter kultiviert wurden, sich auch ferner als zweijährige Pflanzen entwickelten. Ebenso erzeugten Samen von wildwachsenden Exemplaren derselben Varietät, die im Garten ausgesät wurden, zweijährige Pflanzen.

Im botanischen Garten fanden sich unter den einjährigen Hyoscyamus-Pflanzen hauptsächlich solche, die alle Merkmale des normalen Hyoscyamus niger L. an sich trugen, und solche Pflanzen allein habe ich meiner Beschreibung zu Grunde gelegt. Es kamen ferner auf den Beeten von Hyoscyamus auch einzelne Exemplare vor, die blassgelbe ungeaderte Blumenkronen besassen, also dem Hyoscyamus pallidus Waldst. et Kit. entsprachen. Diese Pflanze, sowie Hyoscyamus agrestis Kit. sind wahrscheinlich, wie auch Meyer und Schumann (1893 Pg. 99) annehmen, nur unbeständige Spielarten von Hyoscyamus niger L. Die Frage würde sich natürlich nur entscheiden lassen, wenn man wildgewachsene Pflanzen in Gartenkultur nähme und deren Variabilität genau untersuchte.

Bei den anatomischen Beschreibungen habe ich mich in der Bezeichnungsweise der Zellen, Gewebe etc. an diejenige angeschlossen, die Prof. Arthur Meyer in seinem Buche: „Das erste mikroskopische Praktikum" (1898) benutzt hat. Bezüglich der morphologischen Ausdrücke bin ich wesentlich der „Drogenkunde" (1892) desselben Autors gefolgt.

Ueberblicken wir zuerst kurz die Morphologie der Hyoscyamus-Pflanze, so ist darüber folgendes zu sagen:

Die Samen des ein- und zweijährigen Hyoscyamus niger keimen leicht im Frühjahr und erzeugen Pflanzen, deren Keimwurzel erhalten bleibt und kräftig heranwächst; es bildet sich durch Verzweigung ein Wurzelsystem aus, an welchem jedoch nur einige der Hauptwurzelzweige erster Ordnung ausser der Hauptwurzel selbst stärker hervortreten. Nebenwurzeln gelangen nicht zur Ausbildung. An der Hauptachse des Keimpflänzchens entsteht bei der zweijährigen Pflanze im ersten Jahre eine Rosette gestielter Laubblätter, aus deren Achseln keine Verzweigung stattfindet (Fig. 1); die Rosette geht im Herbst des ersten Jahres zu Grunde. Erst im zweiten Jahre streckt sich die Hauptachse und erzeugt kräftige Zweige (Fig. 2). Bei der einjährigen Pflanze dagegen (Fig. 3) findet die Streckung der Hauptachse gleich statt, sodass eine Blattrosette nicht gebildet wird; die Hauptachse sowie deren Zweige beblättern sich reichlich mit grösstenteils sitzenden Laubblättern. Bei beiden Varietäten erstreckt sich im Allgemeinen die Verzweigung der Hauptachse nur bis zu Zweigen zweiter Ordnung, abgesehen von den aus ganz kurzen successiven Zweigen aufgebauten Inflorescenzen. Die absolute Hauptachse sowie die meisten ihrer Zweige schliessen mit einer Blüte und es entstehen ferner charakteristische Blütenwickel.

Wir gehen im Folgenden zur Beschreibung der einzelnen Teile des Wurzel- und Sprosssystems über.

II. Morphologie und Anatomie der Wurzel.

Wie fast immer bei der Keimung tritt auch hier bei dem Samen von Hyoscyamus die Keimwurzel zuerst aus der Samenschale heraus. Demnächst folgen das hypocotyle Glied, welches sich stark streckt und gleichzeitig bogenförmig aufwärts krümmt, und zuletzt die Kotyledonen. Der Uebergang zwischen Keimwurzel und dem hypocotylen Glied, das Collum, ist nicht, wie oft, durch Verdickung ausgezeichnet. Der ganze Keimungsvorgang entspricht also dem Typus I bei Klebs (1885, Pg. 539), welcher als Hauptkeimungstypus der dicotylen Pflanzen zu betrachten ist. Sind die Keimwurzel und das hypocotyle Glied kaum zum Vorschein gelangt, und hat erstere kaum eine Länge von ca. 3 mm erreicht, so treten Wurzelhaare reichlich auf dem Collum auf. Noch bevor die Kotyledonen aus der Samenschale ausgetreten sind, ist die ganze Keimwurzel mit Wurzelhaaren versehen, die sich vom Collum aus nach der Spitze zu entwickelt haben. Wenn die vorläufig nur die beiden Kotyledonen tragende Keimpflanze ihre volle Entwicklung erreicht hat, besitzt die Keimwurzel eine Länge von ca. 1,5—2 cm. Die Farbe der Keimwurzel ist gelblich-weiss, die Form cylindrisch und sich gegen die Spitze zu allmählig verjüngend. An der Keimwurzel der völlig entwickelten Keimpflanze fangen ganz vereinzelt Wurzelzweige erster Ordnung an sich zu bilden. Diese Zweige nehmen jetzt mehr und mehr an Länge zu, und, wenn das zweite Laubblatt vorhanden ist, haben sich schon Zweige zweiter Ordnung entwickelt. Wenn die junge Pflanze 6—7 Laubblätter trägt, treten Wurzelzweige dritter Ordnung auf. Die Verzweigung scheint überhaupt nicht weiter fort zu schreiten; ich habe wenigstens auch bei den ältesten und kräftigsten Exemplaren keine weitere Verzweigung gefunden. Die Wurzelzweige sind diplostichisch, sie stehen in 4 Längsreihen, welches nach den Beobachtungen van Tieghems (1887, Pg. 133) immer der Fall ist, wo wir es mit diarchen Wurzeln zu thun haben. Wie wir später sehen werden, ist die Wurzel von Hyoscyamus niger gerade diarch und die 4 Orthostichen entstehen nun dadurch, dass die Wurzelzweige in den Zwischenräumen (Fig. 4. p.) zwischen Holz- und Siebteilen entspringen.

Die Keimwurzel wächst nun mehr und mehr in die Länge und in die Dicke und übertrifft meist an Dicke, nicht aber immer an Länge ihre Zweige. Sie bildet sich zur positiv geotropischen Pfalwurzel aus.

Die von mir untersuchten Wurzeln von zweijährigen Pflanzen erreichten im ersten Jahre eine Maximallänge von 27 cm und einen Maximaldurchmesser von 12 mm; im zweiten Jahre fand ich als grösste Länge 50 cm und als grösste Dicke 2,5—3 cm, am obersten Ende gemessen. Die Hauptwurzel sowie die Wurzelzweige erster Ordnung sind runzlig und werden mit dem Alter oft schwammig; die Farbe ist im ersten Jahre weissgelb, im zweiten Jahre mehr bräunlich. Die Querschnittfläche der Wurzel zeigt im ersten Jahre deutlich strahligen Bau, ist von weisslicher Farbe, jedoch mit einem gelblichen Anfluge des relativ sehr unansehnlichen Holzes; in der breiten sekundären Rinde sehen wir oft kleine Löcher auftreten; zu äusserst bemerken wir eine schmale bräunliche Korkschicht. Im zweiten Jahre zeigt der jetzt dominierende Holzkörper eine stark strahlige Struktur und eine intensivere Gelbfärbung; ist die Wurzel eingetrocknet, so tritt die Gelbfärbung besonders nach dem Befeuchten mit Wasser stark hervor. Im Holze lassen sich leicht zwei Zonen unterscheiden, eine zentrale, die Mitte der Wurzel ganz ausfüllende und eine äussere, von der erstgenannten durch eine hellere Schicht getrennte deutlich hervortretende ringförmige Zone, welche den Hauptteil des zweiten Jahreszuwachses bezeichnet. Der zentrale Teil des Holzes zerreisst aber sehr oft und erhält dadurch eine poröse, schwammige Struktur, ganz wie wir sie ja auch bei dickeren Wurzeln von Atropa Belladonna beobachten können. Die relativ schmale, weissgraue sekundäre Rinde ist ebenfalls sehr locker gebaut; zu äusserst finden wir auch hier eine schmale bräunliche Zone, den Kork.

Bei der einjährigen Varietät von Hyoscyamus niger fand ich als Maximallänge für die Hauptwurzel 12 cm, für die Wurzelzweige erster Ordnung 20 cm. Die Dicke betrug 1,5 cm bezw. 4 mm. Das Untersuchungsmaterial stammt jedoch in diesem Falle nicht von wildwachsenden sondern von im hiesigen botanischen Garten kultivierten Pflanzen, und sind die angegebenen Grössenverhältnisse deshalb wahrscheinlich nur sehr relativ als Maximalgrössen aufzufassen. Auf einem Querschnitte beobachten wir auch hier einen relativ dicken, strahlig gebauten, gelben Holzkörper. Nach aussen zu folgen eine weissgraue schmale Zone, die sekundäre Rinde, und eine dünne bräunliche Korkschicht. Der Holzkörper füllt die Mitte der Wurzel völlig aus und zerfällt meistens nicht, wie bei der zweijährigen Varietät.

Von den Wurzelzweigen erreichen nur einige erster Ordnung eine beträchtliche Dicke; 0,5 cm im ersten, 1 cm im zweiten Jahre fand ich als grösste Dickendurchmesser. Die Länge übersteigt oft sehr beträchtlich die der Hauptwurzel. Diese Wurzelzweige erster Ordnung sind schlank zugespitzt, aber, wie gesagt, wird die Hauptmenge nur sehr schwach entwickelt und diese Wurzeln können dann ebenso wie diejenigen zweiter und dritter Ordnung als Faserwurzeln bezeichnet werden.

A. Der primäre Bau der Wurzel.

Auf einem Querschnitte zeigt die Wurzel im Primärstadium (Fig. 4), welches an Pflänzchen, die nur ein oder zwei Laubblätter besitzen, noch zu finden ist, ein diarches Leitbündel, dessen Holzteil meistens aus etwa 7—8 Tracheen besteht, wovon die engsten spiralförmig, die grösseren schon netzförmig verdickt und mit einfachen spaltenförmigen Tüpfeln versehen sind. Oft liegen die spaltenförmigen Tüpfel in regelmässigen Reihen über einander, wodurch eine treppenförmige Verdickung zu stande kommt. Die zwei Tracheenstrahlen berühren einander in der Mitte der Wurzel. Auf beiden Seiten dieser Strahlen finden wir die Siebstränge, welche aus 7—10 Zellen bestehen und vom Holz durch Leitbündelparenchymzellen getrennt werden. Der Centralzylinder schliesst nach aussen zu mit einem einschichtigen Ring dünnwandiger, tangentialgestreckter Parenchymzellen, dem Pericambium, ab. Demnächst folgt die Endodermis, welche aus gleichzeitig tangential — und nach der Längsachse des Organs gestreckten Zellen besteht, deren Radialwände sehr deutliche Caspary'sche Punkte zeigen. Ausserhalb der Endodermis liegen zwei Reihen rundlicher, ganz wenig tangential —, dagegen sehr stark längsgestreckter Zellen, von welchen die innerste das Rindenparenchym repräsentiert und gegen die Endodermis zu grosse Intercellularen besitzt. Die äusserste Zelllage dagegen schliesst sowohl nach

aussen, an die Epidermis, wie auch an das Rindenparenchym lückenlos, also ohne Intercellularen, an. Ihre Wände verkorken später, wie wir sehen werden. Sie ist als Hypodermis (im Sinne Meyers [1892 I Pg. 86]) zu betrachten, um so mehr, da sie nach Untersuchungen von Flahault als selbständige Schicht schon am Wurzelvegetationspunkte vorhanden ist. Flahault, der die Embryonen von Hyoscyamus niger L. untersuchte, sagt (1878 Pg. 90) folgendes über die Initiale der primären Rinde: „L'écorce présente deux couches d'initiales: l'externe reste simple, ne se divise que radialement, et constitue l'assise sousépidermique; l'assise interne forme le reste de l'écorce en direction centripète." Die Epidermiszellen sind langgestreckt und ihre Aussenwände oft zu Wurzelhaaren ausgestülpt. Mit conc. Schwefelsäure bleiben die Wände erhalten und färben sich mit Chlorzinkjod und Jod-Jodkalium-Schwefelsäure gelb; dagegen geben sie mit Phloroglucin und Salzsäure keine Färbung. Conc. Chromsäurelösung (1 + 1) gegenüber sind die Epidermiszellen nicht resistent; sie gehen nach etwa 10 Minuten in Lösung. Das Rindenparenchym und die Hypodermis werden von Chlorzinkjod erst nach einiger Zeit violett gefärbt und mit Jod-Jodkalium und Schwefelsäure tritt eine wenig intensive Blaufärbung auf; mit conc. Schwefelsäure gehen die Zellen in Lösung. Sie zeigen also nur eine schwache Cellulosereaktion, welche jedoch mit der Zeit intensiver wird. Die Radialwände der Endodermis geben die gleiche Reaktion wie die Epidermiszellen; die übrigen Wände geben Cellulosereaktion mit Jod-Jodkalium und Schwefelsäure und conc. Schwefelsäure allein, ebenso die Zellen des Pericambiums und diejenigen des Leitbündelparenchyms. Chlorzinkjod hat jedoch auch hier erst nach einiger Zeit eine Violettfärbung zur Folge. Die Tracheen sind sehr früh und sehr stark verholzt.

Betrachten wir jetzt ein weiteres Entwicklungsstadium der Wurzel, nämlich ein solches, wo ein Cambium zwischen Holz- und Siebsträngen sich schon gebildet und mit der Erzeugung von sekundärer Rinde und sekundärem Holz angefangen hat, ohne dass jedoch vom Pericambium schon Kork gebildet worden ist, so sehen wir, dass nach und nach in dem Masse wie neue Gewebe aus den Cambiumzellen hervorgehen, zuerst die Epidermis, demnächst aber auch weitere Teile der primären Rinde abgeworfen werden. Gleichzeitig erfolgt indessen zunächst eine Verkorkung der Hypodermis; letztere wird resistent gegen Chromsäure, färbt sich gelb mit Kalilauge und lässt beim Erhitzen mit letztgenanntem Reagens die von Höhnel (1878 Pg. 523) als Kriterium für verkorkte Membranen angegebenen Seifenballen erkennen. Dann wird auch das primäre Rindenparenchym in eigenartiger Weise metamorphosiert, wodurch die Wände offenbar widerstandsfähiger gemacht werden; sie zeigen nicht mehr Cellulosereaktion mit Jodreagentien, werden durch Erhitzen mit Kalilauge hyalin und sind gegen Schwefelsäure resistent. Schliesslich verkorken die Endodermiszellen, wie wir noch sehen werden. Trotzdem also die primäre Rinde allmählig zu Grunde geht, sind die inneren Partien der jungen Wurzel immer von Zellen umgeben, welche schützende Eigenschaften besitzen. Das Pericambium fängt bald an sich durch perikline Wände zu teilen und in dieser Weise Kork zu bilden. Von der primären Rinde finden wir in diesem Stadium immer noch die Endodermis, zuweilen auch ausser ihr noch eine Zellreihe. Die Endodermis hat sich durch radiale Wände geteilt, um der Erweiterung, welche das Wachstum der zentralen Teile verursacht hat, folgen zu können. Die Wände der Endodermiszellen, die immer ziemlich zart bleiben, verkorken allmählig ringsherum; es lässt sich dann eine innere, dünne, sich mit Jod-Jodkalium und Schwefelsäure bläuende Lamelle nachweisen. Die Korkbildung schreitet fort und veranlasst zuletzt auch eine Sprengung und Abwerfung der Endodermis. Durch die Thätigkeit des Cambiums ist nun nach und nach eine sekundäre Rinde und ein sekundäres Holz entstanden.

B. Sekundärer Bau der Hauptwurzel der zweijährigen Pflanze.

I. Das Periderm.

Die fertig entwickelte Wurzel zeigt zu äusserst eine meist aus 4—5 Zellreihen bestehende Korkschicht (k Fig. 5), welche nach aussen zu etwas zerrissen erscheint, weil der Kork hier ab und zu

abgestossen wird. Die Zellen sind im Querschnitt viereckig, meistens etwas tangential gestreckt und im radialen Längsschnitt fast quadratisch, bis zu solchen, die in tangentialer Richtung ungefähr doppelt so grosse Dimensionen besitzen wie in radialer, d. h. doppelt so hoch als breit sind. Die Wände sind, wie gewöhnlich bei Korkzellen, aus einer verholzten Mittellamelle (rot mit Phloroglucin + H Cl, gelb mit Anilin. hydrochlor), einer verkorkten Schicht und einer um das Zelllumen herum laufenden, sich mit Jod-Jodkalium und Schwefelsäure bläuenden Schicht aufgebaut. Nach innen zu bildet die Phellogenzelle ein meistens nur aus einer, zuweilen aber auch aus zwei Reihen bestehendes Phelloderm (Fig. 5 ph.), dessen Zellen rundlich sind und sowohl nach aussen als auch nach innen zu grosse Intercellularen aufweisen.

2. Die sekundäre Rinde.

Innerhalb des Periderms folgt die sekundäre Rinde, deren äusserster Teil vollständig obliteriert oder zerrissen erscheint, woher das schwammige Aussehen rührt, welches wir schon bei der Besprechung der Morphologie der Wurzel erwähnt haben. Dieses obliterierte Gewebe umfasst den grössten Teil der im ersten Jahre gebildeten, sehr breiten sekundären Rinde. Das Parenchym dieser Rinde ist teilweise etwas anders gebaut als dasjenige des zweiten Jahres, welches von den durch das starke Wachstum der Wurzel bedingten Teilungen und der Dehnung der peripheren Parenchym-Zellschichten herrührt. Es sind auch deshalb in diesen äusseren Regionen keine oder fast keine Siebstränge aufzufinden. Die äussersten Zellreihen bestehen aus ziemlich grossen, dünnwandigen, abgerundeten, im Querschnitt tangential gestreckten Zellen; demnächst folgen einige Reihen von abgerundeten, im Querschnitt fast isodiametrischen, im Längsschnitt aber doppelt so langen als breiten Zellen. Zwischen all' den hier genannten Zellen finden sich sehr grosse Intercellularräume. Der übrige Teil des Parenchyms der Rindenstränge besitzt denselben Bau wie dasjenige des zweiten Jahres. Er wird aus prismatischen Zellen gebildet, welche entweder isodiametrisch oder 3—4 mal so lang als breit und mit Intercellularen versehen sind. Dieser Teil der sekundären Rinde sowie der zweitjährige Teil ist sehr regelmässig strahlig gebaut (Fig. 6). Das ganze Parenchym besitzt einfache rundliche Tüpfel. Ueberall in diesem Gewebe sind Siebröhren mit Geleitzellen zerstreut. Sie sind in ihrem Bau mit denjenigen der Achse übereinstimmend, weshalb ich hier nur auf die dort gegebene Beschreibung verweise. In der sekundären Rinde beobachten wir auch hier und da Sklerenchymfasern (sk. Fig. 6). Sie treten nur in geringer Menge und unordentlich zerstreut auf. Sie bilden auch in der Längsrichtung keine längeren Stränge. Oft steht eine einzige Faser isoliert, oft auch bis 5 über einander. Die Sklerenchymfasern habe ich nur in der Rinde des zweiten Jahres beobachtet. Sie bestehen meist aus ziemlich kurzen, relativ breiten, grossgetüpfelten Formen (Fig. 7). Die Länge der gefundenen Elemente variierte von 72—218 μ, die Breite von 23 bis 39 μ. Es mag erwähnt werden, dass Radix Belladonnae in der Rinde keine sklerotischen Elemente aufzuweisen hat (Moeller 1889, Pg. 307).

Die Inhaltstoffe der sekundären Rinde sind Stärke und oxalsaurer Kalk. Wie bei Atropa Belladonna haben wir es auch hier mit Komplexen adelphischer Stärkekörner (siehe Arthur Meyer 1895, S. 202) zu thun (Fig. 8), welche eine linsenförmige bis mehr oder weniger kugelige Gestalt besitzen. Die Einzelkörner zeigen keine deutliche Schichtung und keinen deutlichen Kern, trennen sich sehr leicht von einander und haben eine Grösse von 1,5—8 μ, die meisten jedoch von 3—4 μ. Die Grösse des Komplexes variiert von 4,5—16,5 μ. Die Stärke findet man überall im Rindenparenchym und zwar am reichlichsten im ersten Jahre.

Der oxalsaure Kalk ist in Form von grobem Krystallsand vorhanden. Die krystallführenden Zellen liegen hier und da in der sekundären Rinde und unterscheiden sich weder in Form noch in Grösse von den übrigen Rindenstrangsparenchymzellen. Sie sind oft vollständig von den Krystallen ausgefüllt. Der Krystallsand der Solanaceen ist besonders von Archangeli (1891, Pg. 367) untersucht worden und zwar bei folgenden Arten: Solanum auriculatum, S. robustum, S. jasminoides, S. diphyllum,

Cyphomandra betacea, Jochroma tubulosum, Inanulloa aurantiaca, Withania somnifera, Jaborosa integrifolia, Chnaestes gesnerioides, Solandra grandiflora, S. guttata, Lycium vulgare, Nicotiana glauca. Obiger Autor fand, dass die kleineren Krystalle 1—3 μ, die grösseren 10—40 μ gross waren; ferner, dass der Krystallsand aus tetraedrischen, dem monoclinischen System angehörigen Krystallen zusammengesetzt war. Diese Resultate wurden durch spätere Untersuchungen vollständig bestätigt (Archangeli 1891, Pg. 489). Einige Krystalle findet man in Fig. 9 dargestellt. Es sind diejenigen Formen, welche wir ebenfalls am häufigsten in der Hyoscyamuswurzel beobachten. Die grössten Krystalle, welche ich daselbst gefunden habe, waren 7 μ, die kleinsten 1,3 μ gross; die Hauptmenge der Krystalle hatte jedoch eine Grösse von 2,5—5 μ.

3. Das Kambium.

Das Kambium der Wurzel ist je nach dem Alter von verschiedener Breite. Im August des ersten Jahres finden wir gewöhnlich 6—8 Reihen von Meristemzellen, zur selben Zeit im zweiten Jahre dagegen meistens nur 2—3 Reihen. Die Kambiumzellen stellen etwa rechteckige Prismen dar (Fig. 10), von deren radialen Wänden entweder nur die eine oder beide nach der Spitze zu eine gewisse Neigung zeigen. Quergeschnitten haben sie ihre grösste Ausdehnung in tangentialer Richtung. Die Breite betrug etwa 5—17 μ und die Höhe 100—236 μ.

4. Das Holz.

Das Holz gliedert sich in einen äusseren, aus dickwandigen Elementen bestehenden, fest geschlossenen Holzring, eine mittlere, hauptsächlich aus dünnwandigen Zellen bestehende Partie und einen zentralen, zum grössten Teil dickwandigen Holzkörper. Der äussere Holzring samt einem kleinen Teil des auf seiner Innenseite liegenden Parenchyms bezeichnet den Zuwachs des zweiten Jahres; das übrige rührt vom ersten Jahre her, und mit diesem Teil der Holzstränge wollen wir uns, um ein klareres Bild der Entwicklung des Holzes zu gewinnen, zuerst beschäftigen. Er besteht aus Tracheen, Sklerenchymfasern, Ersatzfasern, Fasertracheïden und Holzparenchym. Die Tracheen, welche hier nur in Form von Gefässen ausgebildet sind, sind grösstenteils netzförmig verdickt und mit unbehöften, entweder spaltenförmigen, oder mehr oder weniger rundlichen Tüpfeln versehen (Fig. 11 a, b, c, d). Die spaltenförmigen Tüpfel können in höherem oder geringerem Grade längsgestreckt sein und sind wie die Tüpfel überhaupt entweder auf der ganzen Wandfläche unordentlich verteilt, oder sie stehen in regelmässigen Längsreihen. Im letzteren Falle entstehen die Treppengefässe (Fig. 11 d.). Ferner finden wir Hoftüpfelgefässe (Fig. 12 a) und Uebergangsformen zwischen diesen und den netzförmig verdickten (Fig. 12 c.), bei welchen einige von den spaltenförmigen einfachen Tüpfeln jetzt behöft sind, andere dagegen Uebergangsformen zu solchen Tüpfeln zeigen. Die Maximalweite der Gefässe betrug 73 μ, die meisten jedoch erreichten nur eine Weite von 44—55 μ. Die Länge der einzelnen Gefässglieder variierte von 90—345 μ.

Thyllenbildung habe ich hier, wie überhaupt bei Hyoscyamus niger, nicht beobachtet.

Die Sklerenchymfasern sind entweder von ganz typischer Form, mit kegelförmig zugespitzten Enden und spaltenförmigen, nach einer Linksschraube gestellten Tüpfeln (Fig. 13 a, b), oder sie sind mehr unregelmässig mit z. B. meisselförmigen oder auch gespaltenen Endflächen (Fig. 13 c, d). Die Ersatzfasern (Fig. 14) besitzen ungefähr dieselben Formen wie die Sklerenchymfasern; oft finden wir aber auch solche, die gerade abgeschnittene Endflächen haben (c). Sie sind alle mit ziemlich grossen elliptischen bis rundlichen, unbehöften Tüpfeln versehen, welche dabei oft in sehr grosser Anzahl auf der ganzen Wandfläche verteilt sind, so dass die Faser fast netzförmig verdickt erscheint (e). Die Fasertracheïden haben etwa die Form, wie man sie in Fig. 15 sieht. Sie besitzen Hoftüpfel mit einem rundlichen Hof und eine spaltenförmige dem Lumen zugewendete Oeffnung. Diese Spalten stehen in einer Linksschraube. Die Länge der Sklerenchymfasern, Ersatzfasern und Fasertracheïden variierte

von 200—690 μ, die Breite von 14—40 μ. Die Wanddicke war überall ziemlich gering, etwa 3—4 μ. Der Vergleich dieser Grössenverhältnisse mit denen des Kambiums lehrt, dass die eben besprochenen Elemente wahrscheinlich aus einer Kambiumzelle hervorgehen. Sowohl die Sklerenchymfasern wie auch die Ersatzfasern und die Fasertracheïden färben sich mit Phloroglucin und Salzsäure rot, mit Anil. hydrochlor. gelb. Fügt man dagegen Chlorzinkjod oder Jod-Jodkalium und Schwefelsäure hinzu, so sieht man, dass eine ganz dünne, an das Lumen grenzende Lamelle sich violett bezw. blau färbt. Die übrigen Wandteile werden mit erstgenanntem Reagens gelb, wogegen das zweite eine grünblaue Färbung hervorruft, ausser bei den Mittellamellen, welche sich tief braun färben und sich gegen die conc. Schwefelsäure sehr widerstandsfähig zeigen. Das Holzparenchym (Fig. 16) wird aus dünnwandigen, mit graden oder spitzzulaufenden Enden versehenen Zellen gebildet, welche 100—236 μ lang und 18—35 μ breit sind; sie können entweder ganz dünnwandig, ungetüpfelt bleiben, oder es können sich kleine, rundliche Tüpfel ausbilden. Mit Chlorzinkjod und Jod-Jodkalium + Schwefelsäure färben sie sich violett bezw. blau. Die Zellen enthalten Oxalat und Stärke von derselben Art wie wir sie in den Zellen des Rindenstrangparenchyms fanden. Das Holz des zweiten Jahres (Fig. 17) ist radiär strahlig gebaut und stark gelb gefärbt. Die hier auftretenden Elemente sind ganz dieselben wie im ersten Jahre: Holzparenchym, Gefässe, Sklerenchymfasern, Ersatzfasern und Fasertracheïden, wovon wiederum die Sklerenchymfasern am reichlichsten vertreten sind. Die Form und sonstige Ausstattung ist ebenfalls dieselbe, weshalb ich nur auf die für das erstjährige Holz gegebenen Figuren verweise. Auch die Reaktionen weichen in keiner Hinsicht ab, ebensowenig wie die Grössenverhältnisse, mit Ausnahme derjenigen der Gefässe, bei welchen die Maximalweite oft eine grössere ist; sie betrug in den von mir untersuchten Fällen 109 μ. Die meisten grösseren Gefässe erreichten jedoch nur einen Durchmesser von 72—90 μ. Dagegen war es von vornherein zu erwarten, dass die Menge der verschiedenen Elemente im Holze des ersten und zweiten Jahres unter sich variieren könne, und ebenfalls, dass die Lagerung dieser Elemente eine verschiedene sein könne. Wir wollen deshalb diese Verhältnisse etwas näher ins Auge fassen. Anfangs bildet das Kambium fast lauter netzförmig verdickte Gefässe (Fig. 11 a, b, c, d). Bald aber sieht man deutlich, dass ein Bestreben vorhanden ist, auch hofgetüpfelte Gefässe auszubilden, und es treten dann solche Zwischenformen zwischen hof- und einfach getüpfelten Gefässen auf, wie wir sie in Fig. 12 c sehen. Durch solche Uebergangsformen gelangen wir dann zu den typischen Hoftüpfelgefässen (Fig. 12 a), und je weiter wir im erstjährigen Holze nach aussen gehen, in um so grösserer Menge treten diese auf. In dem innersten Teil des Jahresringes sind die Hoftüpfelgefässe hauptsächlich von der in Fig. 12 b dargestellten Form, mit sehr stark quer zur Längsrichtung des Gefässes gestreckten Tüpfeln, aber neben diesen Gefässen finden wir doch noch reichliche Mengen von den verschiedenen netzförmig verdickten (Fig. 11) und ausserdem Uebergangsformen (Fig. 12 c). Weiter nach aussen zu verkleinern sich die Hoftüpfel allmählig, die Höfe runden sich ab, und wir haben es schliesslich fast nur mit typischen Hoftüpfelgefässen (Fig. 12 a) zu thun; die Ausbildung netzförmig verdickter dagegen tritt vollständig in den Hintergrund.

Im Holze des ersten Jahres sind von den faserförmigen Zellen die verschiedenen Ersatzfasern (Fig. 14) am zahlreichsten vertreten und von diesen wiederum besonders reichlich solche mit über der ganzen Wandfläche verteilten grossen Tüpfeln (e). Nebenbei, aber ohne irgend eine bestimmte Lagerung, findet man Fasertracheïden und die echten Sklerenchymfasern (Fig. 13 und 15). Diese letzteren sind in den verschiedenen Regionen des Jahresringes überall in Mehrzahl und zwar um so mehr, je weiter man nach aussen geht. Im Holze des zweiten Jahres findet man ebenfalls überall Fasertracheïden und Ersatzfasern, erstgenannte am häufigsten in den äusseren Teilen. Das Holzparenchym gehört zum grössten Teil dem Holze des ersten Jahres an; es ist jedoch nur sehr sparsam in der die Mitte der Wurzel ausfüllenden und die Hauptmenge der Tracheen und faserförmigen Zellen enthaltenden Partie desselben aufzufinden. Man findet es hier mit den genannten Elementen vermischt, hauptsächlich jedoch

in den äusseren Regionen. Ausserhalb des zentralen Teils und bis zu dem dem zweiten Jahre angehörenden äusseren Holzring finden wir weitaus die grösste Menge des Holzparenchyms. Genannte Partie enthält nämlich ausser Holzparenchym nur noch einige wenige radiär verlaufende Tracheenstrahlen und einige Markstrahlen. Der äusserste Teil des Holzparenchyms gehört zum Holze des zweiten Jahres.

Zuletzt möchte ich nur darauf aufmerksam machen, dass ich nirgendswo bei Hyoscyamus niger xylemständiges Phloëm beobachtet habe, welches man dagegen im Wurzelholze von Atropa Belladonna (Radlkofer 1884, Pg. 427) und in den parenchymatischen unverholzten Xylempartien des Wurzelholzes von Datura Stramonium (Weiss 1883 Pg. 410 und Beauvisage 1891 Pg. 161) findet.

5. Die Markstrahlen.

Die Anordnung der Markstrahlen geschieht in der Weise, wie es De Bary für seinen Typus II (1877, Pg. 489) folgendermassen beschreibt: „Der ganze Umkreis des primären Bündels erhält Strangelemente, zwischen diesen nur kleine Markstrahlen, deren Anordnung den primären Gefässplatten nicht entspricht. Der ganze Sekundärzuwachs ist also ein zylindrischer Strang ohne Hauptmarkstrahlen.“ Die Markstrahlen des Holzes sowie der Rinde sind in den Figuren 6 und 17 dargestellt. Quergeschnitten sind die Markstrahlzellen meist radiär gestreckt; an einem radialen Längsschnitt aber sieht man, dass die radiale Dimension lange nicht immer, obwohl oft, die grösste ist, sondern sehr viele Markstrahlzellen sind ebenso hoch als breit in radialer Richtung und wiederum andere stellen sogenannte aufrechte (De Bary) Zellen dar mit vertikalem grösstem Durchmesser und gleichen insofern denjenigen der Achse. Endlich sind einige von den kleineren Markstrahlzellen fast isodiametrisch. Die Form der Zellen ist prismatisch bis mehr abgerundet. Besonders stark abgerundete Zellen finden wir in der Rinde; die Zellen eines und desselben Markstrahls sind hier oft bedeutend breiter als im Holze. Die Höhe der Markstrahlzellen beträgt in der Rinde 18—73 μ, die Breite in tangentialer und radialer Richtung 18 bis 64 μ. Im Holze variirt die Höhe von 15—68 μ; die tangentiale Breite von 9—37 μ und die radiale Breite von 15—62 μ. Die Markstrahlzellen haben alle rundliche oder mehr langgestreckte Tüpfel. Wo die Zellen mit behöften Elementen (Gefässen, Fasertracheïden) zusammenstossen, werden die behöften Tüpfel einseitig entwickelt. Die Breite der Markstrahlen variiert von 1—6 Zellen, die Höhe dagegen beträchtlich mehr. Einige Markstrahlen sind nur 1—3, andere bis 35 Zellen hoch. Auf einem tangentialen Längsschnitte bemerkt man, dass die Markstrahlen fast nie in ihrer ganzen Höhe die gleiche Breite besitzen, sondern meistens ellipsenförmig erscheinen, und dann an den beiden Spitzen nur eine einzige Zelle breit sind. In der Rinde sind die Markstrahlzellen dünnwandig und färben sich mit Chlorzinkjod oder Jod-Jodkalium und Schwefelsäure violett bezw. blau. Im Holze dagegen sind sie sehr dickwandig und mit gut entwickelten Mittellamellen versehen. Sie geben mit den gewöhnlichen Holzreagentien intensive Holzreaktion. Die Markstrahlzellen führen immer Stärke von der bei dem Rindenparenchym erwähnten Art.

C. Sekundärer Bau der kräftigeren Wurzelzweige der zweijährigen Pflanze.

Bei den dickeren Wurzelzweigen erster Ordnung ist der Bau derselbe wie bei der eben geschilderten Hauptwurzel. Bei den etwas dünneren dagegen bemerkt man, dass das Holz des zweiten Jahres relativ viel mehr dünnwandiges Parenchym enthält als dasjenige der Hauptwurzel. Das Holzparenchym sowie in den allermeisten Fällen die Markstrahlzellen sind überall dünnwandig und unverholzt. Die Markstrahlen sind meistens ziemlich breit (2—6 Zellen); ganz schmale, einreihige, sieht man seltener. Aus diesem Grunde und, weil die unverdickten Markstrahlen immer mit dem Holzparenchym zusammen den Jahresring durchsetzen, liegen die dickwandigen Elemente des zweitjährigen Holzes in scharf abgegrenzten Gruppen. Diese Elemente sind übrigens genau dieselben wie bei der Hauptwurzel,

nur ist die Anordnung etwas anders; wir finden nämlich hier fast alle Gefässe in der inneren Hälfte des Holzes, nur sehr wenige sind in der äusseren Hälfte aufzufinden. Im Uebrigen ist der Bau dieser Wurzelzweige derselbe wie der der Hauptwurzel.

D. Sekundärer Bau der Faserwurzeln der zweijährigen Pflanze.

Die sekundär verdickten Faserwurzeln haben das Gemeinsame, dass der Holzkörper stark vorherrscht. Sie scheinen hauptsächlich als wasserleitende Organe zu dienen, worauf auch der anatomische Bau hindeutet. Bei einigen beobachtet man, dass die primäre Rinde erhalten bleibt und dass deren äusserste Schicht verkorkt. Bei anderen dagegen wird die primäre Rinde abgeworfen, Kork wird überhaupt nicht erzeugt, und man sieht auf einem Querschnitte fast nur Holz auftreten. Die sekundäre Rinde ist in allen Fällen äusserst minimal. Der relativ grosse Holzkörper zeichnet sich durch Mangel an Markstrahlen und Holzparenchym aus. Sonst wird er aus ganz denselben Elementen zusammengesetzt wie bei der Hauptwurzel. Nur sehr wenige netzförmig verdickte Gefässe sind vorhanden. Die faserförmigen Elemente besitzen meistens gerade abgeschnittene oder meisselförmige Endflächen und sind am häufigsten mit mehr oder weniger stark entwickelten Hoftüpfeln versehen. Die Weite der Gefässe betrug 14—36 μ, die Länge der einzelnen Glieder 145 290 μ. Die Breite der faserförmigen Elemente variierte von 9—18 μ, die Länge von 180—380 μ; ganz vereinzelte besassen jedoch die aussergewöhnliche Grösse von 700—800 μ.

E. Sekundärer Bau der Hauptwurzel der einjährigen Pflanze.

Wir können uns hier ganz kurz fassen, weil die Wurzel in den meisten Punkten mit der des zweijährigen Hyoscyamus niger übereinstimmt. Es soll gleich bemerkt werden, dass die Reaktionen sowie die Inhaltstoffe der verschiedenen Gewebe genau dieselben sind. Ueber das Periderm ist auch nichts neues hinzuzufügen. In der Rinde habe ich Sklerenchymfasern (Fig. 7) nur bei sehr kräftigen Exemplaren beobachtet. Die Zellen in der Rinde sowie im Holze scheinen hier eine viel geringere Neigung zum Zerreissen zu besitzen, als es bei der zweijährigen Varietät der Fall war. Ich habe derartige zerstörte Gewebe im Holze nur gegen das Zentrum zu wahrnehmen können. Im Uebrigen setzt sich das Holz aus denselben Elementen zusammen wie bei der zweijährigen Pflanze und ist hier wie dort im zweiten Jahre deutlich radiär strahlig gebaut. Die Grössenverhältnisse der Holzelemente scheinen dagegen, jedenfalls bei den von mir untersuchten Exemplaren, etwas abzuweichen. Als Maximaldurchmesser der Gefässe fand ich 95 μ; weitaus die meisten jedoch erreichten nur 55 73 μ. Bei den faserförmigen Zellen betrug die Maximallänge 109 μ. Was die Anordnung und Menge der verschiedenen Holzelemente anbelangt, so ist folgendes zu bemerken: Holzparenchym (Fig. 16) ist, wenn überhaupt vorhanden, nur in dem zentralen Teil und nur sehr spärlich zwischen den anderen Holzelementen aufzufinden. Gefässe treten nur in geringer Anzahl auf; die meisten liegen in der inneren Hälfte des Holzes. Die Anordnung ist ungefähr dieselbe wie bei der zweijährigen Varietät. Nach dem Zentrum zu finden wir netzförmig verdickte Gefässe (Fig. 11); etwas weiter nach aussen treten Uebergangsformen zwischen diesen und hofgetüpfelten Gefässen (Fig. 12 c) auf und schliesslich reine Hoftüpfelgefässe (Fig. 12 a, b), deren Tüpfel anfangs länglich sind (b), aber bald eine mehr rundliche Form annehmen (a). Die Menge der Hoftüpfelgefässe steigert sich, je weiter man nach aussen geht. Die faserförmigen Zellen bilden weitaus die Hauptmenge des Holzes, und überall im Holze finden wir sowohl echte Sklerenchymfasern als auch Fasertracheïden und Ersatzfasern von den in den Figuren 13, 14 und 15 dargestellten Formen. Ueber die Mengenverhältnisse dieser Elemente unter einander lässt sich nur sagen, dass die Anzahl der Ersatzfasern von innen nach aussen zu abnimmt, wogegen die Menge der beiden andern Formen sich steigert, je weiter man nach aussen kommt. Zu äusserst sind die echten Sklerenchymfasern weitaus überwiegend.

Die Markstrahlen bestehen aus Zellen, welche in Bezug auf Form und Tüpfelung vollständig mit denjenigen der Markstrahlen der zweijährigen Pflanze übereinstimmen. Meistens sind die Zellen radiär gestreckt, man findet jedoch oft, besonders bei den nur ein Paar Zellen hohen Markstrahlen, Zellen, welche ihre grösste Ausdehnung in senkrechter Richtung besitzen. In der Rinde variiert die Höhe der Markstrahlzellen von 18—60 μ, die Breite in tangentialer und in radialer Richtung von 18—43 μ. Im Holze beträgt die Höhe 15—75 μ, die Breite in tangentialer Richtung 15—24 μ und in radialer Richtung 15—65 μ. Die Zellen sind im Holze dickwandig und verholzt. Die Breite der Markstrahlen beträgt meistens nur 1—2 Zellen, seltener 3—4 Zellen. Die Höhe dagegen differiert viel mehr. Einige sind nur 2, andere bis 25 Zellen hoch; am häufigsten treffen wir eine Höhe von 3—8 Zellen. Man beobachtet hier viel seltener als bei der zweijährigen Varietät die im tangentialen Längsschnitt ellipsenförmigen Gruppen von Markstrahlzellen; teils weil die Markstrahlen ja meistens sehr schmal sind, teils, weil in den meisten Fällen in ihrer ganzen Höhe die Breite sich wenig ändert.

F. Sekundärer Bau der kräftigeren Wurzelzweige und der Faserwurzeln der einjährigen Pflanze.

Die wohlentwickelten Wurzelzweige erster Ordnung unterscheiden sich hinsichtlich des anatomischen Baues in keiner Weise von demjenigen der Hauptwurzel. Die Elemente sind bezüglich der Art und Anordnung genau dieselben. Was die Faserwurzeln anbelangt, so verweise ich auf das bei der zweijährigen Pflanze Gesagte.

Aus diesen Daten geht also hervor, dass die Wurzel des einjährigen und die des zweijährigen Hyoscyamus niger sich anatomisch dadurch von einander unterscheiden, dass erstere viel weniger oder gar kein Holzparenchym besitzt, schmälere Markstrahlen hat, und dass selbstverständlich kein Jahresring im Holze zur Ausbildung gelangt.

III. Die Verzweigung des Sprosssystems.

Ehe wir zur Besprechung der Verzweigungsverhältnisse übergehen, seien zunächst die Variationen bezüglich der Anzahl der auf der Hauptachse auftretenden Laubblätter sowie die Stellung der Blätter an der Hauptachse und an deren Zweigen kurz erwähnt. Tabelle I giebt die genannten Variationen für die einjährige Varietät an. Aus Mangel an Material habe ich ähnliche statistische Daten für die zweijährige Varietät nicht ermitteln können.

Tabelle I.

(275 Pflanzen umfassend)

Hauptachse.

Anzahl der Pflanzen	Anzahl der Blätter vor der Terminalblüte
2	11
8	12
19	13
46	14
78	15
58	16
49	17
12	18
3	19

Man sieht also, dass die Laubblätter am häufigsten in einer Anzahl von 14, 15, 16 oder 17 an der Hauptachse auftreten.

Was die Blattstellung an der Hauptachse anbelangt, so bemerkt man bei der einjährigen Varietät zuerst den zweigliedrigen Wirtel der Kotyledonen. Die zwei ersten Laubblätter bilden ebenfalls einen Wirtel, welcher gegen den der Kotyledonen um $^1/_4$ divergiert und beinahe auf derselben Höhe steht wie dieser. Das dritte Laubblatt divergiert gegen den ersten Laubblattwirtel um etwa 90—120° (meistens 105—120°), und es folgen jetzt alle übrigen Blätter der Hauptachse in $^3/_8$ Stellung (135°); die spiralig stehenden Blätter können sowohl in einer Linksschraube wie in einer Rechtsschraube gestellt sein. Wir finden diese Stellungsverhältnisse sowie die Verzweigung der einjährigen Pflanze ausserhalb der Inflorescenzen in den Schemata Fig. 18 und 19 dargestellt. Die beiden Schemata sind auf Grund der in diesem Kapitel erwähnten statistischen Daten ausgeführt. Figur 18 stellt das Schema einer Maximalpflanze, Figur 19 dasjenige einer Normalpflanze dar. Wydler hat bezüglich der Hauptachse der Hauptsache nach dieselben successiven Divergenzverhältnisse der Blätter bei Hyoscyamus agrestis Kit. gefunden, wie ich sie für meine Pflanzen angegeben habe. Seine Beobachtungen differieren jedoch von meinen für Hyoscyamus niger L. erhaltenen Resultaten besonders darin, dass er nach den Kotyledonen in der Regel vor dem Auftreten der definitiven $^3/_8$-Blattstellung eine grössere Anzahl Laubblätter gefunden hat als ich. Wydler, der mit Schimper und Braun nach dem langen Wege rechnet, sagt (1861 Pg. 15) darüber: „Der bereits im ersten Jahr blühende, wohl nur eine Abart von Hyoscyamus niger bildende H. agrestis Kit. bot mir hinsichtlich der Blattstellung Folgendes: 1) Auf die Kotyledonen folgte ein zu ihnen rechtwinklig stehendes aufgelöstes Blattpaar, dann $^2/_3$ St., deren erstes Blatt noch eingesetzt durch $\frac{1 + \frac{3}{5}}{2}$ war. An den Cykluren der $^2/_3$ St. schloss sich $^5/_8$ an, ohne Pros. 2) Es folgten auf die Kotyledonen zwei rechtwinklig decussirte aufgelöste Blattpaare, worauf $1\,^2/_3$ Cyklus, dann $^5/_8$, alles wie im vorigen. 3) Es folgten auf die Kotyledonen 1—2 decussirte aufgelöste Blattpaare, worauf 3—5 Cyklen der $^2/_3$-Stellung, dann $^5/_8$ ohne Pros. 4) Es folgten auf die Kotyl. ein aufgelöstes zu jenen rechtwinklig decussirtes Paar, dann $^5/_8$ an den Cykluren des letztern ohne Pros. anschliessend. 5) Derselbe Fall, aber die $^5/_8$ St. nach zwei aufgelösten Blattpaaren folgend. 6) Auf die Kotyl. ein rechtwinklig zu ihnen gestelltes Blattpaar, worauf $^5/_7$ ($^2/_7$) dessen erstes Glied durch $\frac{1 + \frac{1}{2}}{2}$ eingesetzt war. Im Allgemeinen folgen sich also $^1/_2$ (Kotyl.),*) $^2/_3$, $^5/_8$ (Laubbl.), in der Gipfelblüte wieder auf $^3/_5$ zurückgehend. Ihr erstes Kelchblatt ist immer an die vorausgehende Blattstellung ohne Pros. angeschlossen. Im Uebrigen waren die nach $^2/_3$ stehenden Blätter zuweilen wirtelförmig zusammengestellt und sie bildeten über einander fallend im Stengel 3 Orthostichen. Nur ein Exemplar zeigte die Dreiercyklen wechselnd, so dass erst die dritten über den ersten Cyklus fielen. In beiden Fällen zeigten die Wirtel gleiche Wendung. In einem Falle folgte nach 4 voreinander stehenden Dreiercyklen ein fernerer mit dem obersten Cyklus wechselnder, aber in gleicher Richtung fortgehender Cyklus. Unmittelbar darauf folgte die Gipfelblüte.“

Die zweijährige Pflanze bildet im ersten Jahre (Fig. 1) nur eine grosse bodenständige Blattrosette gestielter Laubblätter aus; die Anzahl der Blätter kann 35—40 betragen. Die Divergenzverhältnisse der ersten und weiteren Laubblätter dieser Rosette entsprachen vollkommen dem oben gesagten, nur scheint der Divergenzwinkel zwischen dem zweiten und dritten Laubblatt zuweilen bis auf 130° zu wachsen. Im zweiten Jahre trägt die Hauptachse zerstreute Laubblätter, alle in der $^3/_8$-Stellung. Es treten bei dieser Varietät ebenfalls beide Blattspiralen auf.

Die Hyoscyamuspflanze ist einachsig, d. h. also ihre absolute Hauptachse schliesst mit einer Blüte ab; auch die Zweige schliessen meist mit einer Blüte. Bei beiden Varietäten habe ich, wenn ich von den successiven Zweigen der Inflorescenzen absehe, nur Zweige zweiter Ordnung, keine höherer

*) In dieser Zusammenstellung ist wahrscheinlich ein Druckfehler enthalten, da nach „Kotyl.“ noch „$^1/_2$“ stehen müsste.

Ordnung beobachtet, mit Ausnahme von ein Paar zweijährigen Pflanzen, bei denen kleine Zweige dritter Ordnung auftraten. Die Zweige beider Varietäten verhalten sich bezüglich des folgenden gleich.

Man kann mit Wydler (1851 Pg. 394) und darnach Eichler (1875 Pg. 199), wie bei den Solanaceen im allgemeinen, so auch hier sogenannte belaubte Zweige unterscheiden, d. h. Zweige, welche mehr als 2 Laubblätter tragen, ehe sie mit einer Blüte enden; derartige Zweige fangen mit 2 seitlich stehenden Vorblättern an (Divergenz $^1/_2$); das dritte Blatt schliesst sich mit der Divergenz $^3/_8$ an und dieselbe Divergenz besitzen die übrigen Blätter (B. und C. Fig. 18). Das untere Vorblatt und somit auch das obere kann, auch an derselben Pflanze, bald links bald rechts zur Mediane stehen. Die übrigen Blätter stehen bald nach einer Links- bald nach einer Rechtsschraube, und zwar können die Schrauben innerhalb derselben Pflanze wechseln. Wydlers Angaben über die Blattstellungsverhältnisse der Zweige (1861 Pg. 16) stimmen zum Teil überein mit den meinigen. Es kommen nach ihm folgende zwei Zweiganfänge vor: 1) Auf 2 Vorblätter $^3/_5$ durch Pros. von $\frac{3 + 1/2}{5}$ eingesetzt und 2) $^5/_8$ ohne Pros. an das zweite Vorblatt anschliessend. Ausserhalb der Inflorescenzen entstehen alle Zweige, wie die sorgfältigen Untersuchungen Warmings (1872 Pg. 94) gezeigt haben, durch echte in den Blattachseln entstandene Seitenknospen.

Weiter kann man mit Wydler (1851 Pg. 394 und 396) und Eichler (1875 Pg. 199), wenn man die sogleich zu besprechende morphologische Auffassung der Inflorescenzen als Wickel unserer Betrachtung zu Grunde legt, sogenannte Blütenzweige unterscheiden, d. h. Zweige, die hier meistens nur ein laubiges Vorblatt, seltener zwei erzeugen und dann mit einer Blüte abschliessen (A. Fig. 18). Derartige Zweige finden sich in der oberen Region der Hauptachse und der Zweige, setzen also die eigenartigen Inflorescenzen von Hyoscyamus zusammen, welche sehr oft die direkte Fortsetzung der Hauptachse und der Regel nach diejenige der belaubten Zweige erster und zweiter Ordnung zu bilden scheinen. Bei den Auseinandersetzungen über diese Inflorescenzen werde ich mich dann der gewöhnlichen Auffassung derselben als Wickel anschliessen, wie man sie bei Wydler (1844 Pg. 689 u. f.; 1851 Pg. 396, 397 und besonders 404), Eichler (1875 Pg. 199 u. f.), Warming (1872 Pg. 91 u. f.) u. a. findet.

Man kann also die Inflorescenz von Hyoscyamus niger als phylogenetisch aus einem normalen Wickel hervorgegangen betrachten und annehmen, dass dieser in eigenartiger Weise phylogenetisch umgestaltet worden ist. Diese Wickel bauten sich dann auf aus Zweigen, die je aus einer mit Blüte endigenden, meist nur ein Vorblatt tragenden Achse bestehen; die Verzweigung erfolgt aus der Achsel dieses Vorblattes. Dasselbe entspricht, wie aus der Vergleichung der Inflorescenz von Hyoscyamus mit derjenigen anderer Solanaceen (Wydler, 1844 Pg. 692—694), bei denen diese Verhältnisse noch klar zu übersehen sind (z. B. Petunia), erschlossen ist, dem höher stehenden der beiden Vorblätter, dem β-Vorblatte anderer Solanaceen. Wie bei allen Wickeln so sind auch hier die successiven Zweige zu einander antidrom; die Fussstücke der successiven Zweige bilden mit einander eine gerade oder fast gerade sympodiale Achse, und die Blüten richten sich schräg aufwärts, so dass 2 der Oberseite der Inflorescenzachse aufsitzende Reihen von Blüten entstehen, deren Glieder in beiden Reihen mit einander abwechseln. Wie die Vergleichung mit anderen Solanaceen z. B. Nicotiana (Wydler 1844 Pg. 694) lehrt, ist ferner ein Hinaufwachsen jedes Tragblattes von der basalen Stellung am Grunde seines Achselsprosses bis fast unter den Kelch der terminalen Blüte anzunehmen. Die so an den Basen der Blüten stehenden Vorblätter bilden dann, wie das bei der Deutung des Blütenstandes als gestreckter Wickel sein muss, zwei Reihen, die eigentlich um 90° divergieren sollten, jedoch bis ungefähr auf 180° auseinandergerückt sind. Die Fig. 20 demonstriert ein Beispiel einer derartigen Inflorescenz von Hyoscyamus, welches wir etwas genauer betrachten wollen. Es ist die Inflorescenz, welche bei kräftigen Pflanzen die absolute Hauptachse (H) sehr oft fortzusetzen scheint (in der Fig. schematisiert). Der erste Zweig (I) der Hauptachse, welcher in den Wickel eingeht, trägt 2 Vorblätter und erreichte im vorliegenden Fall eine Länge von 7 cm. Sein Deckblatt (D) wächst, wie immer, an ihm in die Höhe,

der Regel nach bis direkt unterhalb des kurzen Blütenstiels, wo ebenfalls die Vorblätter ihren Platz haben, und wir müssten nun eigentlich hier 3 Blätter vor uns haben; indessen finden wir nur, wie gesagt, das Deckblatt (D) und ausserdem das untere der beiden Vorblätter (d), welches in diesem Falle wie stets ungefähr um 90° mit dem Deckblatte divergiert. Das α-Vorblatt steht in der fertigen Inflorescenz nur selten genau seitlich zur Mediane des Zweiges, zu welcher Ebene es rechts oder links seinen Platz haben kann; es stellt sich vielmehr, ohne seine Divergenz zum Deckblatte zu ändern, in der Regel mehr oder weniger nach hinten. (Es ist zu bemerken, dass das α-Vorblatt bei diesem Zweig in fast allen von mir untersuchten Fällen ursprünglich links zur Mediane stand, wenn die Blätter der Hauptachse nach einer Linksschraube angeordnet waren und umgekehrt. Die Vorblätter bilden also den Anfang einer mit der der abs. Hauptachse antidromen Schraube. Wydler (1861 Pg. 17) hat bei Hyoscyamus agrestis Kit. ebenfalls Antidromie dieses Zweiges im Verhältnis zur Mutterachse in 25 von 26 untersuchten Fällen beobachtet). Das in unserem Beispiel rechts zur Mediane stehende β-Vorblatt ist Deckblatt für einen Zweig zweiter Ordnung (II) und ist an ihm bis direkt unterhalb des kurzen Blütenstiels in die Höhe gewachsen; dieser 3 cm lange Zweig zweiter Ordnung wächst ungefähr in der Richtung seiner relativen Hauptachse aufwärts, bildet also mit ihr ein Sympodium; die Endblüte des vorhergehenden Zweiges stellt sich seitwärts. Das α-Vorblatt ist bei dem Zweig zweiter Ordnung, wie bei allen folgenden Zweigen, vollständig unterdrückt, die erhaltenen β-Vorblätter stehen theoretisch abwechselnd links und rechts zur Mediane. Das β-Vorblatt des Zweiges zweiter Ordnung (β^1) ist Deckblatt für einen mit diesem Zweig in der obigen Weise ein Sympodium bildenden Zweig dritter Ordnung (III), an welchem es ebenfalls in die Höhe wächst, wie vorher beschrieben. Der Zweig zweiter Ordnung trägt deshalb nur ein Blatt, das hinaufgewachsene Tragblatt. Genau wie dieser Zweig (II) verhalten sich nun alle folgenden, die allmählig kürzer werden. Die Verzweigung geht, wie meistens, ziemlich weit und es entsteht so ein langer Wickel mit sympodialer Achse; letztere ist bei den Hyoscyamus-Inflorescenzen manchmal etwas zickzackförmig, am häufigsten aber fast gerade gestreckt und im jugendlichen Zustande spiralig nach unten eingerollt, ähnlich wie es bei typischen Wickeln sein würde. Die β-Vorblätter bilden zwei Längsreihen, welche, wie gesagt, da die Vorblätter eigentlich abwechselnd links und rechts zur Mediane stehen sollten, mit einander um etwa 90° divergieren müssten, sich jedoch auf den Seiten der sympodialen Achse vorfinden, mit einer Divergenz der beiden Blattreihen bis 180°; gleichzeitig stehen die Blüten alle im Zickzack auf der Rückenseite der sympodialen Achse.

Nachdem wir so die Vorstellung, welche sich über die phylogenetische Entstehung des Wickels von Hyoscyamus aus einem normalen Wickel aus der vergleichenden Betrachtung der fertigen Zustände ergiebt, kennen gelernt haben, wollen wir die Fragen besprechen: 1) Ob die vergleichende Betrachtung der Entwicklungsgeschichte diese Hypothese stützt oder ihr widerspricht, und 2) Wie weit speziell die embryonale Entwicklungsgeschichte der Hyoscyamus-Inflorescenz noch der Hypothese entspricht. Bezüglich der ersten Frage können wir wohl mit Eichler (1875 I Pg. 202) auch jetzt noch folgendes behaupten: „Diese, aus vergleichender Beobachtung der verschiedenen Solaneengattungen auch im fertigen Zustande unzweifelhaft festzustellenden Verwachsungen, überhaupt die ganze oben vorgetragene Auffassung vom Aufbau der Solaneen, hat namentlich durch die Untersuchungen Warming's auch entwicklungsgeschichtlich ihre Bestätigung erhalten. Wenigstens im Wesentlichen; denn die von Warming sowohl, als vordem bereits durch Kraus beobachtete Entstehung der Wickel mancher*) Arten vermittelst successiver Dichotomien der Achsenspitze, wobei immer die eine Hälfte zur Blüte wird, während die andere sich weiter spaltet, kann um so weniger als eine prinzipiell verschiedene Bildung betrachtet werden, als bei andern unmittelbar verwandten Formen die gewöhnliche seitliche Ent-

*) Die Dichotomie in der floralen Region ist unter den Solanaceen nur bei Hyoscyamus niger, pusillus und vielleicht Solanum nigrum nachgewiesen (Warming 1872, Pg. 92, 96 und 97).

stehung der successiven Wickelsprosse beobachtet wird. Vergleiche darüber Warming's Abhandlung über Scopolia (1869 Pg. 39 f. f.), sowie Forgreningsforhold (1872 Pg. 92 f. f.)."

Die Antwort auf die zweite Frage kann ich, da ich selbst keine entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen angestellt habe, nur durch eine Darstellung der über die Entwicklungsgeschichte der Hyoscyamus-Inflorescenz gemachten Angaben anderer Autoren ihrem jetzigen Stadium nach schildern. Es waren Kraus (1871 Pg. 119) und besonders Warming (1872 Pg. 95 und 96), welche zuerst zeigten, dass die Inflorescenz nicht durch normale akropetale Verzweigung des Vegetationspunktes sich ausbildet, sondern dass sie aus lauter dichotomisch angelegten Sympodien gebildet wird. Zum besseren Verständnis füge ich drei von den Originalzeichnungen Warming's hinzu, die Figuren 21, 22 und 23 (seine 5, 7 und 8 Taf. VIII) und gebe seinen dazu gehörenden Text wörtlich wieder: „In der Figur 21 (5), welche die Spitze eines Blütenstandes darstellt, ist I die älteste Blüte, II die nächste im Alter; III ist eine Knospe (Sprossvegetationspunkt)*), die als Achselknospe des Blattes n^2 der Achse II hervortritt. Diese „Knospe" hat sich stark in lateraler Richtung gestreckt und wird bald, auf einer weiteren Stufe, zwei „Knospen" erzeugen, welche durch ein senkrecht auf n^2 stehendes und mitten über III hinweg verlaufendes Thal von einander getrennt werden. Dies ist in der Figur 22 (7) dargestellt. Von den beiden gezeichneten „Knospen" wird I zur Blüte, II zur „Achselknospe" desjenigen Blattes, welches an ihrem Grund entsteht und zwar offenbar erst nachdem die dichotomische Teilung des Vegetationspunktes angefangen hat. Das histologische Bild der Figur 22 (7) ist in der Figur 23 (8) dargestellt. Besonders zu beachten sind die Querzellreihen (m), welche in der Mitte der in Spaltung (dichotomischer Teilung) befindlichen „Knospe" liegen und die beiden durch die Spaltung entstandenen neuen Vegetationspunkte I und II von einander trennen. Die Zellthätigkeit, durch welche dieselben sich schon über das Thal emporheben, liegt offenbar ziemlich tief und zwar unter der dritten Periblemschicht. Das Blatt n^1, dagegen verdankt einigen auf diesem Präparat nicht ganz deutlichen Zellteilungen in der ersten und zweiten Periblemschicht seinen Ursprung. Wir haben also hier ganz unzweifelhaft eine Spaltung des Vegetationspunktes (Dichotomie)." Im Laufe seiner umfassenden Untersuchungen gelangt Warming indessen (1872 Pg. 147 und 148) zu dem Resultat, dass in der That kein Wesensunterschied besteht zwischen Verzweigung durch Spaltung (gleiche Teilung; Klövning) des Vegetationspunktes und durch Seitenknospenbildung. Er sagt darüber folgendes: „Denn wir haben in der That auch gefunden, dass die verschiedenen Verzweigungsmodi („Knospenbildung"**) lange oder unmittelbar nach, gleichzeitig mit oder vor der Deckblattbildung, unterhalb der Stengelspitze oder auf deren Gipfel oder Seite durch gleiche oder ungleiche Teilung des Vegetationspunktes in bunter Abwechslung neben einander vorkommen, innerhalb verschiedener Gattungen derselben Familie oder verschiedener Species derselben Gattung, ja sogar an verschiedenen Teilen oder auf verschiedenen Entwicklungsstufen derselben Species oder gar desselben Individuums mit allmähligen Uebergängen in einander, und ohne dass man sonst Verschiedenheiten in der Verzweigung bemerken oder auch nur im Geringsten beobachten kann, dass die verschiedenen Modi der „Knospenbildung" eine verschiedene Rolle im Leben der Pflanze spielen." Die dichotomische Verzweigung in der floralen Region z. B. von Hyoscyamus erklärt Warming deshalb einfach dadurch, dass hier für die Pflanze die „Knospenbildung" in den Vordergrund treten muss (im Gegensatz zur vegetativen Region), weshalb denn auch die „Knospe" so kräftig angelegt wird und so viel Platz auf der Achsenspitze fordert, dass sie bis zu deren Mittellinie hinaufrückt.

Warming untersuchte auch den Vorgang des „Hinaufwachsens". Ich werde aus seinen diesbezüglichen eingehenden Auseinandersetzungen einige Momente, die hier genügen mögen, herausgreifen

*) Klammern und Anführungszeichen dieses Citates von mir hinzugefügt. Warming bezeichnet (1872 Pg. 10 und 15), im Gegensatz zu der jetzt allgemein gebräuchlichen Terminologie nur die Initiale der meristematischen Gewebe der Achsenspitze als Vegetationspunkt und den Vegetationspunkt als Knospe.

**) Anführungszeichen von mir.

und wörtlich citieren. 1872 Pg. 154 u. f. sagt Warming folgendes: „Ein Kausalzusammenhang zwischen Blatt und Knospe lässt sich noch nicht nachweisen; wir wissen weder, weshalb sie zusammen auftreten, noch, weshalb sie sich in der Weise zu einander stellen, wie sie es in der That thun. Dass aber eine innige Verbindung zwischen ihnen besteht, ist offenbar. Dies zeigt sich bei den Phanerogamen auf zweierlei Weise: erstens in dem Gegensatz — oder Balanceverhältnis, welches während ihrer Metamorphose zwischen ihnen zum Vorschein kommt, zweitens in der „primären Verwachsung", welche immer zwischen ihnen gleich von ihrer Entstehung ab existiert, wo sie beide zur Entwicklung kommen. Der erste Punkt ist schon oben (Pg. 144) erwähnt. Der zweite Punkt muss hier näher berücksichtigt werden. Was das heisst, dass eine Knospe eine Achselknospe eines Blattes ist, hat niemand, wie mir scheint, genügend klar und bestimmt ausgedrückt. Man findet in der Regel nur derartige weniger prägnante Bezeichnungen wie z. B., dass die Knospen „in dem Winkel" oder „in der Ecke" zwischen Blatt und Mutterachse oder „in der Achsel" des Blattes sitzen. Diese Ausdrücke sind zwar korrekt, heben aber nicht genügend das Wesentliche in dem Thatbestand hervor, nämlich, dass die Achselknospe immer ebenso wohl auf dem Blattgrund als auch auf der Mutterachse sitzt, oder, wie man auch sagen kann, dass das Blatt sowohl auf der Knospe als auch auf der Mutterachse steht. Die beiden Organe sind immer an der Basis mit einander vereinigt. Dass man dies gewusst und daran gedacht hat, ersieht man z. B. aus der Bezeichnung des Deckblattes als „Mutterblatt" (feuille-mère) und aus den vielen Abbildungen, welche dieses darstellen, so z. B. bei Schacht (Beiträge zur Anatomie) Taf. I, Fig. 22, 24, 27; Taf. V, Fig. 3, bei Sachs (Lehrbuch 1870) Fig. 109, 121, 136 etc., und ich habe in dem speziellen Teil gezeigt, dass es ein überall vorkommendes Verhältnis ist (siehe z. B. Fig. 1, 2, 4, 5, Taf. I, Fig. 23, 25 Taf. II, Fig. 1, 4, 11, 25, 26 Taf. III, Fig. 5—6, 10—11, 13, 14, 18 Taf. IV, Fig. 16 Taf. VI etc. etc.). Hätte man aber dies immer vor Augen gehabt, so wären gewisse extreme Verhältnisse kaum als so merkwürdig betrachtet oder gar missverstanden worden; erstens der Fall, dass die Knospe ganz und gar, oder wenigstens zum allergrössten Teil, ein Produkt des Blattgrundes ist, und zweitens, dass das Blatt auf der von ihm „gestützten" Knospe entsteht. Die Beobachtung dieser Verhältnisse zwischen dem Deckblatt und seiner Achselknospe bahnt uns nun leicht den Weg zum Verständnis des als „Verschiebung", „concaulescentia", „surhaussement" etc. beschriebenen wohlbekannten Phänomens. Verschiebungen, bei denen das Deckblatt von seinem gewöhnlichen Platz auf der Mutterachse am Grunde des in der Blattachsel stehenden Zweiges verschoben gefunden wird („concaulescentia"), so dass es augenscheinlich mehr oder weniger weit oben auf diesem Zweig steht, sind sehr allgemeine Erscheinungen. So kommen sie bekanntermassen vor bei Thesium ebracteatum, Samolus Valerandi, Borraginaceae, Cordiaceae, Solanaceae, Crassulaceae, Spiraea, Loranthaceae, Myrodendron, Chailletiaceae, Pterocarya, bei Ipomoea bona nox und Agave Americana, bei Ruta, Paliurus aculeatus, Bignonia Catalpa, Tilia (das Deckblatt des Blütenstandes), Deutzia scabra, Helwingia u. s. w. Es wird nun in der Preisaufgabe gefragt, ob die z. B. bei den Solanaceen vorkommenden Verschiebungen eine Folge von Knospenbildung durch Spaltung des Vegetationspunktes sind. Ich habe dies schon verneinend beantwortet. Das Phänomen findet aber seine natürliche Erklärung, wenn man sich an das soeben gezeigte Verhältnis erinnert, dass Knospe und Deckblatt (mit nur ganz wenigen mir bekannten Ausnahmen) immer an der Basis vereinigt sind. Nichts ist dann leichter zu verstehen als, dass die primitive Verbindung zwischen ihnen durch späteres Wachstum dieser gemeinschaftlichen basilären Partie vergrössert werden und eine „Verschiebung" dadurch zu stande kommen kann. Als Stütze dieser Annahme dient ferner, dass wir gerade da, wo wir im speziellen Teil starke Verschiebungen vorfanden, wie bei den Solanaceen, Sedum Fabaria, Ranunculus acris (die Samenknospe im Fruchtknoten), ebenfalls die Verbindung zwischen der Knospen- und der Blattbasis aussergewöhnlich stark finden; bei den beiden letzteren ist die Knospe ja sogar zum allergrössten Teil ein Produkt des Blattgrundes."

In ähnlicher Weise wie Warming drückt sich auch Eichler bezüglich der Auffassung der ent-

wicklungsgeschichtlichen Resultate aus, indem er (1875 I, Pg. 35) sagt: „Obige Definitionen implizieren die Auffassung jedes neuen Sprosses als Seitenprodukt des vorausgehenden. Es ist neuerdings von mehreren Seiten in Abrede gestellt worden, dass dies überall dem thatsächlichen Verhalten entspräche. So sollen bei den Wickeln mancher Asperifolieen und Solaneen die Sprosse immer paarweise durch Dichotomie des Achsenscheitels entstehen, dessen eine Hälfte zur Blüte wird, während die andere sich von neuem teilt; zuweilen hat es sogar das Ansehen, als ob der nach unserer Annahme ältere Spross ein extraaxilläres Seitenprodukt des jüngeren sei (Centrolepis), und bei Heliotropium und Myosotis sprossen die Blüten angeblich als monopodiale Seitenzweige in zwei Längsreihen an der Oberseite einer gemeinsamen Achse (des Sympodiums nach der gewöhnlichen Ansicht) hervor. Hiernach wären denn die Wickel von sehr verschiedenem morphologischen Charakter, und das könnte sogar bei den nächstverwandten Pflanzen der Fall sein. Ein solches Resultat kann natürlich dem vergleichenden Morphologen wenig gefallen, und ich würde mich schon aus allgemeinen „phylogenetischen“ Gründen dagegen gesträubt haben, selbst wenn Warming (Forgreningsforhold, Kopenhagen 1872) nicht, wie er es in ebenso gründlicher als umfassender Weise gethan, den Uebergang zwischen all diesen Entstehungsweisen gezeigt und namentlich dargelegt hätte, dass die Zweigbildung durch Dichotomie von der seitlichen Sprossbildung nur gradweise verschieden ist. Nur möchte ich mit Hieronymus (in bot. Zeitung 1872 Nr. 13 und Beiträge zur Kenntnis der Centrolepidaceen, Halle 1873) und Magnus (zur Morphologie der Sphacelarieen, bes. Pg. 24) noch etwas über Warming hinausgehen und die sogenannte Dichotomie in diesen und ähnlichen Fällen nicht als eine solche im eigentlichen Sinne betrachten, sondern geradezu als eine Form seitlicher Sprossbildung, bei der aber der Zweig so hoch und dicht am Scheitel des Primansprosses angelegt wird, dass er gleich bei seinem Entstehen mit demselben von gleicher Stärke erscheint. Wenn er jenen an Stärke noch übertrifft, so wird er denselben sogar zur Seite drängen, schiefstellen, und die primäre Achse erhält das Ansehen eines extraaxillären Seitenprodukts des Zweiges.“

Es läge also danach hier bei Hyoscyamus der Fall vor, dass sich die Inflorescenz schon im embryonalen Entwicklungszustande etwas von den normalen Wickeln gleicher Entwicklungsstufe unterscheidet, immerhin aber so, dass diese Abweichung nicht wesentlicher Art ist.

Goebel (Ueber die Verzweigung dorsiventraler Sprosse 1882 II, Pg. 422) bestreitet die Richtigkeit der Angaben von Kraus und Warming bezüglich der oben genannten dichotomischen Verzweigung und meint, dass die Entwicklungsgeschichte der Inflorescenz nicht mehr mit deren Wickelnatur in Einklang zu bringen sei. Die Entwicklungsgeschichte bringt ihn zu der Ansicht (l. c. Pg. 415—423 incl. und Flora 1880 Pg. 423 u. f.), dass die Inflorescenzachse bei Hyoscyamus niger ein Monopodium ist und zwar mit dorsiventraler Verzweigung, wobei die Blüten in zwei Reihen auf der Rückenseite, die Blätter auf den Flanken der Inflorescenzachse entstehen und dieser Achse, nicht aber den Blüten angehören. Auch die Boraginaceenwickel, bei welchen (insbesondere bei Anchusa) dieselben Verhältnisse stattfinden sollen wie bei Hyoscyamus niger, beschreibt genannter Autor in der obigen Weise (Flora 1880 Pg. 419, 420 und 423). Goebel sagt (Verzweigung dors. Sprosse Pg. 433) wörtlich folgendes: „Auch die Borragineen haben durchgehends dorsiventrale Inflorescenzen mit Blüten auf der Rückenseite der Inflorescenzachse; sind Blätter vorhanden, so stehen sie wie bei Utricularia auf den Flanken der letzteren. Die Deutung als „Wickel“ ist unrichtig, die Inflorescenzen sind vielmehr als einseitige Trauben oder Aehren zu bezeichnen. Eben so verhält es sich bei einer Anzahl anderer als Wickel bezeichneter Inflorescenzen, so z. B. Hyoscyamus niger.“

Schumann trat den Angaben Goebels zuerst in seiner 1889 erschienenen Abhandlung entgegen. Aus der genannten Arbeit mögen folgende Sätze hier Platz finden, welche die Resultate von Schumann, soweit sie für uns hier in Betracht kommen, hinreichend wiedergeben. Pg. 75: „Ausser den Inflorescenzen der bis jetzt vorgeführten Pflanzen habe ich noch eine sehr grosse Zahl anderer Borragoide untersucht und in mehr oder minder deutlicher Weise ganz die gleichen Beobachtungen gemacht. Die

Entstehung der Blüten mit ihren konjugierten Vegetationskegel durch dichotomische Teilung fand ich besonders schön an Herbstblüten, ich will von ihnen noch eine Zeichnung, die ich am 23. September von der Spitze des Echium rosulatum aufgenommen habe, mitteilen, Fig. 13. Ausser dieser Pflanze habe ich noch Phacelia congesta von den Hydrophyllaceen, Hyoscyamus niger L.*) von den Solanaceen, Browallia demissa und grandiflora, die bald zu den Solanaceen, bald zu den Scrophulariaceen gestellt werden, Echium violaceum und creticum, Cynoglossum furcatum, Symphytum officinale und asperrimum von den Borraginaceen, Helianthemum vulgare von den Cistaceen, Tinantia undulata und Tradescantia Virginica von den Commelinaceen untersucht. Ob sie Begleitblätter an den Blüten hatten oder nicht, sie verhielten sich stets in gleicher Weise, insofern als jeder Vegetationskegel sich querstreckte und durch eine entweder mit der kurzen Achse des entstandenen Ellipsoids zusammenfallende oder mit ihr parallel verlaufende Furche in eine neue Blütenanlage und einen Vegetationskegel zerfiel. Waren Vorblätter vorhanden, so lagen dieselben, wenigstens zu der Zeit, wo die Vegetation erlahmte, sehr deutlich in der Stellung, welche die echten Wickeln zeigen. Nur bei Anchusa officinalis konnte ich diese Disposition an den üppig fortwachsenden Blütenständen nicht genau nachweisen. Ich glaube indess, dass diesem Mangel durch die Darstellung der Entstehung der ersten Blüten der Inflorescenz abgeholfen wird, die ganz denselben Modus inne halten, wie die Blüten von Cerinthe. Den Aufbau des Sympodiums entwicklungsgeschichtlich zu verfolgen, ist nicht ganz leicht. Die Furchung, welche selbstverständlich nur bildlich als ein Einschnitt in den quer gestreckten Vegetationskegel aufgefasst werden kann, in Wirklichkeit aber dadurch entsteht, dass in dem zuerst einheitlich wachsenden Zellkörper zwei getrennte Neubildungsherde entstehen, kann nicht bis auf die Insertionshöhe des Vorblattes reichen, da dieses regelmässig am Vegetationskegel in einem messbaren Stück unterhalb des Scheitels vor der Furchung erscheint. Demgemäss liegt zwischen der Abgliederungsstelle des neuen Vegetationskegels von dem Primordium der jüngsten Blüte ein, wenn auch nur sehr kurzes, Achsenstück. Es ist dies derselbe Teil des Merithalliums, den ich auch schon bei Ruta graveolens nachgewiesen habe, welcher dort am entwickelten Sympodium gestreckt ist (es ist die Entfernung von β bis zum Abgang der Blüte), ich nannte es Epithallium. Wenn dieses Stück des Merithalliums auch vorhanden ist, so entwickelt es sich doch niemals, soweit mir bekannt ist, weder im Knospenstadium des Borragoids noch später zu einer nennenswerten Grösse. Daher kommt es, dass die successiven Achsenglieder des Sympodiums z. B. bei Cerinthe, wie Fig. 10 zeigt, unmittelbar an der Basis des kurzen Blütenstieles aus der Blattachsel hervortreten. Diese Grösse kann sich also an der Bildung des Sympodiums nicht beteiligen. Der Aufbau geschieht vielmehr nur durch die Thätigkeit im Meso- u. Hypothallium, die beide, weil nur ein Vorblatt entwickelt ist, nicht geschieden werden können. Aber auch dieses wächst zuerst nur ganz minimal in die Länge, dafür aber verbreitert es sich sehr kräftig scheibenförmig, erst dicht vor der Anthese streckt es sich bis zur Grösse von etwa 0,5—1 mm, um später nach dem Abblühen, wenn die Blüten in ein niederes Niveau durch die Aufrechtstellung des ganzen Blütenstandträgers herabgedrückt werden, eine Länge von über 1 cm zu erreichen. Durch die Aneinanderreihung dieser Scheibchen zwischen β und β', β und β'' wird das jugendliche Sympodium aufgebaut. Wenn bei echten Wickeln, z. B. bei denen der Rubiaceen-Gattungen Guettarda, Paederia u. s. w. die Zahl der Knospen sehr gross wird, so zeigen diese ganz dieselbe Erscheinung der Einrollung an der Spitze, wie das Borragoid der meisten Borraginaceen, Hydrophyllaceen u. s. w. Auf der anderen Seite habe ich darauf hingewiesen, was auch schon Goebel betont hat, dass einzelne echte Borragoide eine solche Spirale nicht besitzen. Daraus geht hervor, dass diese Einrollung kein wesentliches Merkmal des Borragoids ist. Bereits Bravais hat eine Erklärung für diese Erscheinung zu geben versucht und hat es sogar unternommen, sie mathematisch zu begründen, ein Beginnen, dessen Mangelhaftigkeit bereits Goebel gebührend gekennzeichnet hat. Bravais sowohl, wie nach ihm Wydler leiten die Einrollung von dem Winkel ab, den

*) Hervorgehoben von mir.

die aufeinanderfolgenden Merithallien mit der jeweilig vorausgehenden relativen Hauptachse bilden. Aber selbst wenn man die Vorstellung zulässt, die beiden vorgeschwebt hat und die dem gewöhnlichen Schema der Wickel entnommen ist, welches sich in jedem Lehrbuche abgezeichnet findet, so kann man nimmermehr zu einer Einrollung gelangen. Diese scheint vielmehr, wie bereits Goebel vermutete, nur eine Folge der Erdschwere zu sein. Ich habe oben bei den echten Wickeln zu zeigen versucht, dass dann, wenn sich an einer Wickel viele Blütenknospen ausbilden in der Zeit, bis die älteren zur Anthese kommen, jene am Fusse der letzteren ein ungefähr horizontal gestelltes, zweireihig angeordnetes Aggregat darstellen müssen. Dieses Verhältnis wird sich bei den Borragoiden wiederholen, da die Anlage der Blüten bei ihnen dieselbe, wie bei den echten Wickeln ist. Sind nun die Sympodien kräftig genug entwickelt, um ein kleineres Aggregat genügend stützen zu können, wie dies bei Echium rosulatum der Fall ist, so liegt es auf der Spitze des Blütenstandes in einer horizontalen Fläche. Wird die Zahl der Blüten aber noch grösser, oder ist das Sympodium schwächer, so neigt es sich nach unten. Bei Cerinthe, wo die Inflorescenz 20 und mehr Blüten im Knospenzustande trägt, wird die Spitze erst relativ spät mit mechanischen Elementen ausgestattet; ich konnte die ersten Anfänge derselben, spiral verdickte Elemente in der Region unterhalb der siebenten Blüte, welche bereits die Carpiden entwickelt hatte, nachweisen. Es ist wohl nicht unwahrscheinlich, dass sich die Krümmung des Sprossgipfels auf diese geringe Aussteifung des Trägers zurückführen lassen wird. Die Untersuchungen über diese Frage liegen aber zu weit von meinem Beobachtungsfelde ab, als dass ich mehr, wie diese Andeutungen geben möchte. Das Borragoid ist, wie ich gezeigt habe, nur ein spezieller Fall der echten Wickel, dessen bedingende Ursache, wie ich glaube, in der dichotomischen Teilung des Vegetationskegels, im Gegensatz zu der lateralen Ausgliederung bei den echten Wickeln, liegt."

Pg. 78: „Komme ich nun endlich zur Darstellung der von mir gewonnenen Resultate, so ergiebt sich zunächst, dass das Borragoid in allen von mir untersuchten Fällen als eine Wickel von der Art aufzufassen ist, welche Ruta, Echeveria, Calandrinia, überhaupt Pflanzen mit spiralig gestellten Stengelblättern besitzen. Da man dieselben nicht von denen trennen kann, die bei den Rubiaceen, Melastomaceen etc., d. h. bei Pflanzen vorkommen, die mit decussirten Blättern versehen sind, so ist ein Unterschied zwischen echten Wickeln und den Borragoiden nicht statthaft, der letzte Ausdruck muss also fallen gelassen werden. Diese Wickeln werden so aufgebaut, dass sich ein ellipsoidisch gestreckter Vegetationskegel durch eine in der Richtung der kurzen Achse verlaufende Furche teilt. Sind 2 Vorblätter oder nur eins entwickelt, so haben dieselben zum Deckblatte die normale Lage. Die Begleitblätter werden aber später in ihrer Stellung durch den sich dazwischen schiebenden Vegetationskegel gegen einander verschoben und stellen sich endlich parallel. Das Blatt, welches eine Blüte begleitet, ist ihr Deckblatt, das Deckblatt der nächst höher inserirten Blüte ist ihr Vorblatt. Bei den von mir untersuchten nackten Wickeln verhält sich die dichotomische Teilung des Vegetationskegels genau so, wie an den beblätterten."

Pg. 79: „Aus diesen Mitteilungen geht hervor, dass ich die Meinungen von Kaufmann, Warming, Petersen und teilweise von Kraus bestätigt gefunden habe; meine Erfahrungen stimmen namentlich mit den wörtlichen und bildlichen Darstellungen, die Warming gegeben hat, vollkommen überein. Ich kann also den von Goebel gemachten Beobachtungen nicht beipflichten. Wie ich in der Einleitung hervorhob, bin ich mit einem für dessen Ansicht eher günstigen als ungünstigen Vorurteile an die Untersuchung gegangen, da mir eine Reihe von Studien an Anchusa und Myosotis die Richtigkeit wahrscheinlich gemacht hatten. Daher kam es denn, dass ich Warming's prachtvolle Zeichnungen erst zu würdigen verstand, als ich selbständig dieselben Bilder erhalten hatte. Namentlich zwei der Goebel'schen Behauptungen habe ich nicht bestätigt gefunden, die dorsiventrale Anlage des Blütenstandes und die Entstehung der Begleitblätter unabhängig von den Blüten. Die Dorsiventralität ist hier wie bei Ruta, Echeveria, Calandrinia, Leptoscela, Guettarda, Paederia etc. eine sekundäre Erscheinung, und die Be-

gleitblätter brechen ganz sicher an dem Grunde des jeweiligen Vegetationskegels hervor. An Fig. 34, 37 und 42 der Goebel'schen Zeichnungen ist dieses Verhältnis auch ganz richtig dargestellt, bei der Sprossspitze von Anchusa sind die Beziehungen der Blüten zu ihren Blättern so schön zu erkennen, wie ich sie an grösseren Inflorescenzen dieser Pflanze leider niemals zu Gesichte bekam. Damit soll natürlich nicht gesagt werden, dass ich gegen die Entwicklung anderer Blütenstände dorsiventraler Natur Einspruch erheben wollte. Ich habe die Inflorescenzen gewisser Papilionaceen ebenfalls untersucht und die Entwicklungsgeschichte, welche Goebel beschrieben hat, von gewissen Fragen untergeordneter Art abgesehen, bestätigt gefunden. Auch die einiger Urticaceen scheinen in der That von dem gleichen Bildungsgange beherrscht zu werden. Für die Wickeln der Borraginaceen muss ich aber hinsichtlich ihrer Entwicklungsgeschichte an der früheren Auffassung, dass sie ein verarmtes Dichasium sind, in so weit festhalten, als nicht in der dichotomischen Zerklüftung des Vegetationskegels ein Unterschied gefunden werden soll."

In einer Besprechung der Abhandlung Schumann's sagt Goebel (1889, Pg. 82) folgendes: „Lassen wir die Blütenstände von Ruta, Echeveria u. a. bei Seite, so sind es namentlich die der Borragineen gewesen, welche zu Streitfragen Anlass gegeben haben. Hierbei sind nun zwei Punkte zu unterscheiden. Einmal die Frage, ob der Blütenstand, ganz abgesehen von seiner Entstehung, eine dorsiventrale Symmetrie zeigt, womit auch bestimmte Wachstumserscheinungen und Richtungsverhältnisse in Beziehung stehen; und zweitens, ob dieser dorsiventrale Bau schon von Anfang an vorhanden ist, oder nur durch nachträgliche Modifikation eines Wickels entsteht. Das erstgenannte Verhältnis ist seit meinen genannten Untersuchungen wohl allgemein zugegeben, in Bezug auf letztere kommt Sch. im Gegensatz zu meinen Angaben zu dem Schlusse, dass die Dorsiventralität der Borragineenblütenstände eine sekundäre Erscheinung sei. So erfreulich es ist, dass der Verfasser die Entwicklungsgeschichte — deren Studium, von niederen Organismen abgesehen, jetzt fast ganz erloschen ist — geprüft hat, so bedauerlich ist auf der anderen Seite, dass seine Angaben zur Entscheidung der Frage nicht ausreichen. Trotzdem nämlich früher ausdrücklich darauf hingewiesen wurde, dass Oberansichten bei diesen Objekten nicht ausreichen, stützt sich der Verfasser doch, wie seine Tafeln zeigen, auf solche, und erhält demgemäss Bilder, wie sie früher schon Warming vollständig richtig gegeben hat, und wie sie auch in meiner Abhandlung sich finden (Taf. XII, Fig. 40). Somit ist der Verfasser zu dem von ihm gezogenen Schlusse nicht berechtigt, dieser hätte nur dann eine feste Grundlage, wenn er Vegetationspunkte kräftig entwickelter Blütenstände frei präpariert und von allen Seiten betrachtet hätte, was nicht so ganz leicht ist. Dass die Borragineenblütenstände von Wickeln abzuleiten sind, bezweifelt wohl niemand mehr, (wenn in meiner erwähnten Abhandlung der entwicklungsgeschichtliche Standpunkt ganz in den Vordergrund gestellt ist, so war das zwar einseitig, hat aber doch das Gute gehabt, dass die Thatsachen genauer als vorher untersucht wurden) es fragt sich nur, wie weit das in der Einzelentwicklung noch nachweisbar ist. Die Schumann'schen entwicklungsgeschichtlichen Angaben reichen, wie erwähnt, zu einer Entscheidung hierüber nicht hin und eine Vervollständigung derselben wäre deshalb erwünscht. Eine auf möglichst viele verschiedene Formen und verschieden kräftige Inflorescenzen ausgedehnte Untersuchung, wird wahrscheinlich Abstufungen von dem dorsiventralen Monopodium bis zur Wickelbildung zeigen."

1890 bespricht Schumann die Wickel der Solanaceen nochmals. Er sagt Pg. 300 zuerst: „Wenn ich nun doch im Folgenden die Frage etwas eingehender behandeln werde, so geschieht dies aus dem Grunde, weil die Richtigkeit meiner Angaben angefochten worden ist. In einer Besprechung meiner Arbeit hat Goebel mir entgegen gehalten, dass ich, wie die früheren Untersucher, abermals nur Oberflächenbilder betrachtet und zur Darstellung gebracht hätte und dass nur durch das Studium der Unterseite der Inflorescenz die richtige Einsicht gewonnen werden könnte. Er hielt dann an seiner früheren Behauptung fest, dass das Borragoid eine dorsiventrale Traube sei. Ich will zunächst voraus-

schicken, dass die vorliegende Arbeit in der Zeit, als ich meine Untersuchungen über das Borragoid veröffentlichte, nahezu vollkommen abgeschlossen war. Da mich aber die Frage über den Aufbau derselben schon lange beschäftigt hatte, sie war gewissermassen der Anstoss für die ganze vorliegende Untersuchung gewesen, und da ich ehedem die Absicht hatte, die Arbeit in kleineren Abschnitten zu veröffentlichen, so sollte diese Studie den Anfang einer Reihe von Publikationen ausmachen. Ich habe also schon damals eine so grosse Zahl von jüngsten Inflorescenzen dieser und anderer Art studiert, dass ich mit der Technik der Untersuchung wohl einigermassen vertraut war. Jeder Botaniker, welcher sich mit diesen kleinen Objekten beschäftigt hat, wird wissen, dass der Beobachter gezwungen ist, die Präparate von allen Seiten, oft leider gegen seinen Willen und viel länger, als er wünscht, zu prüfen. Nachdem aber Goebel in seinen Arbeiten wiederholt darauf hingewiesen hatte, dass sich die Untersuchung nicht auf die Oberseite beschränken solle, habe ich es mir angelegentlichst zur Pflicht gemacht, diesem Hinweise nachzukommen. Ich kann demgemäss den Einwurf gegen die Zulänglichkeit meiner Untersuchung nicht anerkennen."

Ferner bemerkt Schumann Pg. 305: „Ich muss demgemäss an der von Warming behaupteten oder wenigstens zuerst umfangreich und äusserst sorgfältig begründeten und von mir bestätigten Meinung festhalten, dass das Borragoid in seinem Wesen ein Dichasium darstellt, welches sich von dem normalen, verarmten dadurch unterscheidet, dass ein ellipsoid gedehnter Vegetationskegel durch eine Furche in ein Blütenprimordium und einen conjugierten Vegetationskegel zerfällt, und kann der Goebel'schen Vorstellung nicht beipflichten. Wie die Figuren 15—17 auf Taf. VII zeigen, sind die aufeinander senkrechten Furchen bei Inflorescenzen, deren Blütenprimordien lange zögern, ehe sie weitere Organe entwickeln, in so klarer Weise zum Ausdrucke gelangt, als man nur immerhin wünschen kann. Ich habe die Objekte ohne irgend welche Korrektur unter 56facher Vergrösserung mit der Camera lucida bei Oberlicht aufgenommen, und da ich glaube, dass ich durch die Untersuchung viel schwierigerer Gegenstände einige Uebung in der Behandlung derartiger Dinge gewonnen habe, so halte ich eine Täuschung bezüglich des Entwicklungsvorganges nicht wohl für möglich. Bezüglich der weiteren Entwicklung der Einzelborragoide sind zwei Formen zu unterscheiden, je nachdem nämlich die Blüten von Begleitblättern gestützt werden, oder die letzteren fehlen. Jene heissen beblattete, diese nennt man nackte Borragoide. Die beblatteten erzeugen die Begleitblätter vor der Furchung, welche den letzten Vegetationskegel in eine Blüte und einen conjugierten Vegetationskegel zerlegt. Die Furche fällt in die Mediane des letzten Tragblattes und dieser Umstand bewirkt die eigentümliche Thatsache, dass die Blüte gegen ihr eigenes Tragblatt nach hinten verschoben zu sein scheint. In Wirklichkeit tritt eine solche Ortsveränderung nicht ein, die Stellung der Blüte ist vielmehr von Anfang derart, wie sie später wahrgenommen wird, und kann dem ganzen Entwicklungsgange entsprechend nicht anders sein. Die Vorblätter an den successiven Achsen höherer Grade divergieren gegen die bezüglichen Tragblätter immer um 90^0 und da in ihren Achseln die neuen Vegetationskegel sich zu ellipsoider Form dehnen, um die dann stattfindende Furchung vorzubereiten, so müssen die aufeinander folgenden Furchungen senkrecht stehen. In klarer Uebersichtlichkeit sind diese Verhältnisse nur so lange zu übersehen, als die Primordien noch mit einander im Zusammenhange bleiben; werden sie von einander gelöst, um die Blüten weiter zu entwickeln, so treten die Elemente des Blütenstandes in zwei schwach nach vorn zu convergierende, später vollkommen parallele Reihen auseinander, die auf der Oberseite des Sympodiums befestigt sind. Durch diese Veränderung wird dann der Eindruck hervorgerufen, als ob der Blütenstand eine dorsiventrale Traube sei. Wenn wir nun die Frage aufwerfen, warum bei den beblatteten Borragoiden ein zweites Vorblatt nicht zur Entwicklung gelangt, so kann uns Taf. VII, Fig. 14 eine Antwort auf dieselbe geben. Fassen wir dort den Vegetationskegel v ins Auge, so hat derselbe bereits sein Tragblatt β', welches das Vorblatt des Systems in der Achsel von β darstellt, erhalten. Die Dehnung, welche demnächst in ihm stattfinden wird, vollzieht sich dergestalt, dass die lange Achse senkrecht zu der

Mediane von β' gelegen sein wird. Diese Wachstumsvergrösserung erfolgt einer Dehnung im Blattgrunde von β entsprechend nur nach rechts, d. h. nach dem verschiebbaren Tragblatte hin. Auf der entgegengesetzten Seite wirkt die Terminalblüte wie ein fester Punkt. Wenn schon in dem vorliegenden Falle die Verbindung zwischen ihr und dem sich entwickelnden Vegetationskegel sehr fest ist, so ist in den Einzelborragoiden zur Zeit, wo die Streckung des letzten Vegetationskegels vor sich geht, die Vereinigung noch viel inniger, oft ist dieses Blütenprimord von v nur durch eine Furche gesondert. Jedenfalls legt sich die berührende Kante so eng an die zweitvoraufgehende Blüte an, dass bei einer solchen Konfiguration der Neubildungen für die Ausgliederung eines zweiten Vorblattes α kein Platz zur Verfügung steht. Wenn sich dagegen die successiven Blüten früher über die jüngeren Anlagen hoch erheben, wie dies bei den echten Wickeln der Fall ist, so wird für die kleineren Vegetationskegel an der Basis der Blüten ein Raum geschaffen, in den die beiden Vorblätter hineinwachsen können. Die kugelförmig sich abrundenden Enden der Blütenprimordien drängen nämlich die Tragblätter der Sprosse nächsthöherer Ordnung nach aussen und die auf solche Weise gebildeten Hohlräume unter dem Gipfel werden von dem sich transversal nach beiden Richtungen streckenden Vegetationskegel ausgefüllt; an den Enden der langen Achse desselben erscheinen dann die beiden Vorblätter.

Was die Bildung des Kelches der Borragoidblüten, welche von Begleitblättern gestützt werden, anbetrifft, so entsteht regelmässig das erste Kelchblatt an dem nach der Basis der Inflorescenz zu gelegenen Rande, so zwar, dass es schief gegen das Tragblatt gestellt ist. An diesem Orte müsste, wenn sich das betreffende Primord nicht veränderte, eine Lücke entstehen, weil die auf derselben Seite liegende, zunächst vorausgehende Blüte, indem sie sich vergrössert, das Begleitblatt nach aussen drängt: diese Lücke wird nun in dem Momente, wenn sie erscheint, von dem ersten Kelchblatte eingenommen. Das zweite Kelchblatt entsteht erst dann, wenn sich die Blütenanlage aus dem oft sehr lange bestehenden Verbande mit den jüngeren Primordien gelöst hat, d. h. wenn es sich so weit über dieselben emporgehoben hat, dass Raum genug für die Ausgliederung vorhanden ist. Es tritt immer in die Lücke, die sich zwischen der nächst vorhergehenden Blüte auf der anderen Seite des Borragoids und der folgenden Blüte, die noch keine Blattbildungen zeigt, aufthut. Das dritte Blatt erscheint in dem Raume zwischen dem eigenen Tragblatte und der zweitfolgenden Blüte. Das vierte Blatt und das fünfte treten zwischen s^1 und s^2 auf der einen und zwischen s^1 und s^3 auf der anderen Seite, dabei stellen sie sich in die Lücken zwischen die beiden zunächst vorgehenden und die beiden zunächst folgenden Blüten. Dieses Auftreten geschieht mit vollkommener Regelmässigkeit und bewirkt, wie bereits Goebel auseinandergesetzt hat, die Gegenläufigkeit der Blüten auf beiden Seiten des Borragoids. Eine geringe Modifikation in der Kelchbildung der Borragoidblüten bietet Hyoscyamus. An dieser Pflanze sah ich keine klare Sonderung der Kelchblätter in der ersten Anlage; ich bemerkte vielmehr eine Kragenbildung ohne scharfe Einschnitte, aus der später die Kelchblätter zwar in der geforderten Lage, aber gleichzeitig hervortraten.“

Im allgemeinen kann man demnach also sagen, dass die Wickel von Hyoscyamus gegenüber den normalen Wickeln schon im Vegetationspunkte etwas umgestaltet erscheinen, aber so, dass die phylogenetische Entstehung dieses wahrscheinlich aus biologischen Gründen relativ weit umgestalteten Wickels aus einem normalen Wickel durchaus als wahrscheinlich betrachtet werden kann.

Wir wollen nach diesen Auseinandersetzungen die Verzweigung des Sprosssystemes noch weiter ins Auge fassen. Siehe dazu Figur 18. Bei einjährigen kräftigen etwa 1 Meter hohen Pflanzen können schon in den Blattachseln der beiden ersten Laubblätter ganz minimale Zweige auftreten. In den nächstfolgenden Blattachseln werden sie schon etwas kräftiger und es können Blüten zur Entwicklung gelangen. In den untersuchten Fällen stützten jedoch höchstens 6 bis 7 der obersten Blätter der absoluten Hauptachse gut entwickelte Zweige erster Ordnung. Von diesen Zweigen können wie gesagt

nun noch Zweige zweiter Ordnung ausgehen; sie waren nur schwach entwickelt und traten hauptsächlich bei den oberen Zweigen auf (B, C. Fig. 18). Bei kleineren etwa 50 cm hohen Exemplaren beschränkte sich die Verzweigung aus den Laubblattachseln meistens auf ganz dünne und kurze Zweige erster Ordnung, welche nur 2 bis 4 kleine Laubblätter trugen und nicht zur Blütenbildung gelangten, bei noch kleineren Pflanzen auf ganz rudimentäre Zweige. Bezüglich der aus der eventuell aus den obersten Blattachseln stattfindenden kräftigeren Verzweigung werde ich weiter unten nähere Angaben machen. In den folgenden Tabellen II und III habe ich für die einjährige Varietät die statistischen Ergebnisse bezüglich des eben geschilderten Auftretens blütetragender Zweige erster Ordnung niedergelegt, worunter also sowohl die „belaubten Zweige" als auch der oberste, immer als „Blütenzweig" ausgebildete Zweig der absoluten Hauptachse mit einbegriffen sind.

Tabelle II.
(275 Pflanzen umfassend)

Anzahl der Pflanzen	Anzahl der blütetragenden Zweige 1. Ordnung.
189	1
42	2
27	3
8	4
3	5
2	6
4	7

Tabelle III.
(275 Pflanzen umfassend)

Anzahl der Pflanzen	Erster blütetragend. Zweig 1. Ordnung tritt auf in der Achsel des Laubblattes:
3	8
7	9
4	10
9	11
15	12
23	13
41	14
73	15
49	16
43	17
7	18
1	19

Ebenso giebt Tabelle IV für dieselbe Varietät das Auftreten von Zweigen zweiter Ordnung an, die aus den Blattachseln der belaubten Zweige entspringen, ohne in die Bildung der Terminalwickel derselben einzugehen.

Tabelle IV.
(275 Pflanzen umfassend)

Anzahl der Pflanzen	Anzahl der blütetragenden belaubten Zweige zweiter Ordnung.
271	0
2	1
1	2
1	3

Die zweijährige Pflanze ist in ihrem zweiten Lebensjahre (Fig. 2) im allgemeinen stärker entwickelt als die einjährige. Die im ersten Jahre gebildete Blattrosette (Fig. 1), welche auf Pag. 11 besprochen ist, fand ich bei meinem auf dem Frauenberg bei Marburg wachsenden Untersuchungsmaterial schon

am 15. Oktober vollständig abgestorben und beinahe verschwunden. Es werden wie schon gesagt in den Blattachseln der Rosette keine Zweige ausgebildet. Im zweiten Jahre dagegen entspringen bei grösseren Pflanzen aus allen Blattachseln, mit Ausnahme der der an der Basis der Achse dicht zusammenstehenden Blätter, kräftige Zweige erster Ordnung bis zu einer Gesamtmaximalanzahl von 34; diejenigen zweiter Ordnung sind ebenfalls häufiger als bei der einjährigen Varietät, meistens aber hier wie dort nur dünn, obwohl man in der oberen Region auch ziemlich kräftige beobachten kann.

Bei beiden Varietäten sind die untersten Internodien der Hauptachse ziemlich kurz. Man bemerkt bei der einjährigen Varietät gewöhnlich 3 bis 6, bei der zweijährigen im ersten Jahre, wie schon früher gesagt, höchstens 35 bis 40 und im zweiten Jahre 6 bis 14 dicht zusammengerückte untere Blätter. Die oberen Internodien sind dann successiv länger, jedoch nicht in völlig regelmässiger Weise und das oder die allerobersten schliesslich wiederum ganz kurz. Bei den von mir untersuchten kräftigsten Exemplaren gelangten gewöhnlich zunächst 8 bis 15, im Maximum 32 (bei zweijährigen Pflanzen) gestreckte Internodien zur Ausbildung. Es folgten dann 2 ganz kurze, da die Blätter so dicht zusammenrücken, dass die aus ihren Achseln entspringenden Zweige auf ungefähr derselben Höhe stehen (A, B, C Fig. 18). Wir erhalten also hier, da die Hauptachse unmittelbar über diesen Zweigen mit einer Blüte schliesst, eine gabelig aussehende Verzweigung. Von den höchstens 3 so zusammengerückten Zweigen erster Ordnung ist der oberste immer am kräftigsten und kann mehr oder weniger deutlich in der Richtung der absoluten Hauptachse fortwachsen.

Wir wollen diese oberen, ungefähr auf gleicher Höhe stehenden Zweige, gleichviel ob deren 2 oder 3 vorhanden sind, als „Gabelzweige“ bezeichnen. Auch Wydler (1851 Pg. 407 u. a.) gebraucht den Ausdruck „Gabelzweige“, jedoch nur für 2 einander genäherte Zweige.

Ueber das Auftreten von Gabelzweigen sowie über diejenigen Blattachseln, aus denen dieselben entspringen, geben uns die folgenden 2 Tabellen Auskunft; sie beziehen sich nur auf die einjährige Varietät.

Tabelle V.

(275 Pflanzen umfassend).

Obere Verzweigung der Hauptachse.

Zahl der Pflanzen	Zahl der Zweige
189	0
64	2
22	3

Tabelle VI.

Obere Verzweigung 2- oder 3gabelig.

Anzahl der Pflanzen	Der oberste Gabelzweig entspringt aus der Achsel des Blattes:
3	11
6	12
9	13
15	14
20	15
16	16
11	17
5	18
1	19

Bei kleineren, schwächeren Pflanzen können allerdings, wie bei kräftigeren, die 3, zuweilen aber auch nur die 2 obersten Blätter dicht zusammenrücken, während die Verzweigung sehr oft nur aus der obersten Blattachsel eintritt, wobei der Zweig sich dann immer in die Richtung seiner Hauptachse stellt. Im Uebrigen verhält sich ein derartiger Zweig sowie der oder die aus den beiden anderen oberen Blattachseln event. entspringenden, jedoch meistens nur schwach entwickelten Zweige, prinzipiell genau wie der Pg. 12 beschriebene oberste Gabelzweig, beziehungsweise wie die belaubten Zweige kräftiger Pflanzen. In ganz vereinzelten Fällen habe ich bei diesen schwächeren Pflanzen bemerkt, dass die

obersten Zweige alle zu belaubten Zweigen wurden. Von den oben erwähnten, bei meinen kräftigsten Exemplaren vorgefundenen 3 Gabelzweigen habe ich wie gesagt schon den obersten (A. Fig. 18), sich von den beiden anderen etwas abweichend verhaltenden derselben, sowie seine weitere Verzweigung auf Pg. 12 geschildert und davon ein Schema in der Figur 20 entworfen. Es mögen hier nur noch die ausserordentlich starken Variationen in der Anzahl der Blüten des terminalen Wickels des genannten Gabelzweigs Erwähnung finden, wie ich sie bei 275 Pflanzen der einjährigen Varietät beobachtet habe. Die nachstehenden grossen Zahlen geben die Anzahl der Pflanzen, die kleinen die der Blüten an: $1._4$, $1._5$, $1._6$, $7._{10}$, $2._{11}$, $6._{12}$, $6._{13}$, $8._{14}$, $9._{15}$, $12._{16}$, $12._{17}$, $16._{18}$, $10._{19}$, $15._{20}$, $10._{21}$, $5._{22}$, $10._{23}$, $12._{24}$, $13._{25}$, $12._{26}$, $10._{27}$, $4._{28}$, $5._{29}$, $10._{30}$, $7._{31}$, $4._{32}$, $6._{33}$, $8._{34}$, $8._{35}$, $3._{36}$, $3._{37}$, $3._{38}$, $2._{39}$, $3._{40}$, $2._{41}$, $1._{42}$, $5._{43}$, $3._{44}$, $5._{46}$, $1._{47}$, $2._{48}$, $2._{49}$, $2._{51}$, $1._{52}$, $2._{53}$, $1._{55}$, $2._{56}$, $1._{57}$, $1._{59}$.

Verfolgen wir jetzt die Ausbildung der beiden sich ganz gleich verhaltenden anderen Gabelzweige (B, C. Fig. 18). Sie waren immer belaubt, und die Schrauben der Blätter dabei ziemlich oft mit der Blattschraube der Hauptachse homodrom, jedoch auch oft antidrom. Nachdem die beiden Zweige mit einer Terminalblüte zum Abschluss gelangt sind, bildet sich als scheinbare direkte Fortsetzung eines jeden dieser Zweige eine lange Wickelinflorescenz aus. Dieselbe setzt sich, ganz wie bei dem terminalen Wickel des obersten Gabelzweigs, aus successiven Blütenzweigen zusammen. Unterhalb der zweiten Blüte (ersten Blüte des Wickels), welche also einen Zweig zweiter Ordnung der absoluten Hauptachse abschliesst, finden wir meist 2 Blätter, welche etwa 90° mit einander divergieren; es sind diese das noch erhaltene, bald links, bald rechts zur Mediane stehende α-Vorblatt und das hinaufgewachsene Deckblatt des Zweiges. In anderen Fällen ist letzteres allein in der genannten Region vorhanden, weil dann das α-Vorblatt schon hier, wie bei allen folgenden successiven Gliedern des Wickels, vollständig unterdrückt worden ist. Im Uebrigen geschieht der Aufbau der Inflorescenz in allen Punkten genau so, wie es bei dem terminalen Wickel des obersten Gabelzweigs Pg. 12 ausführlich beschrieben worden ist.

Alle anderen belaubten Zweige verhalten sich nun im Prinzip vollkommen übereinstimmend mit den beiden hier geschilderten belaubten Gabelzweigen. Diese letzteren können sich, wie ich es bei der zweijährigen Varietät beobachtet habe, zuletzt 2gabelig verzweigen, ehe es zu Inflorescenzbildung kommt. Wenn das geschieht, verhalten sich die belaubten Gabelzweige genau wie die absolute Hauptachse, sowohl bezüglich des Zusammenrückens der drei obersten Blätter als auch bezüglich der verschiedenen Ausbildung, welche die Achselzweige der zwei obersten dieser Blätter erfahren. Der eine nämlich ist immer ein Blütenzweig, der andere dagegen ein belaubter Zweig, und beide verhalten sich in ihren weiteren, zur Bildung einer Wickelinflorescenz führenden Verzweigungen ganz so, wie wir es bei dem obersten Gabelzweig Pg. 12, bezw. bei den belaubten Gabelzweigen oben gesehen haben.

Zuletzt mögen hier noch ein paar statistische Daten Platz finden, welche sich wie die vorhergehenden auf die einjährige Varietät beziehen. Tabelle VII zeigt uns bei den an 275 Pflanzen (aus dem hiesigen bot. Garten stammend) vorgefundenen belaubten Gabelzweigen die ziemlich grosse Uebereinstimmung in der Anzahl der Blätter vor der Terminalblüte; ich habe, wie aus der Tabelle ersichtlich, am häufigsten deren 5 beobachtet.

Tabelle VII.

Belaubte Gabelzweige.

Gabelzweig I (von unten)		Gabelzweig II	
Anzahl der Pflanzen	Anzahl der Blätter vor der Terminalblüte	Anzahl der Pflanzen	Anzahl der Blätter vor der Terminalblüte
66	5	19	5
5	6	1	6
3	7	1	7
11	8	1	8
1	9		

Von der grossen Variabilität in der Gesamtzahl der Blüten, der den belaubten Gabelzweigen der Tabelle VII angehörenden Wickelinflorescenzen geben uns die folgenden Zahlen eine Vorstellung; die grossen Zahlen geben die Anzahl der Pflanzen, die kleinen die der Blüten an.

Wickel des belaubten Gabelzweigs I (von unten): $1._{4}$, $2._{6}$, $1._{7}$, $2._{8}$, $4._{9}$, $4._{10}$, $2._{11}$, $4._{12}$, $2._{13}$, $2._{14}$, $9._{15}$, $3._{16}$, $3._{17}$, $3._{18}$, $3._{19}$, $3._{20}$, $2._{21}$, $2._{22}$, $1._{23}$, $1._{24}$, $3._{25}$, $3._{26}$, $3._{27}$, $2._{28}$, $5._{29}$, $1._{31}$, $2._{32}$, $1._{34}$, $1._{35}$, $2._{36}$, $1._{37}$, $1._{38}$, $2._{39}$, $1._{40}$, $2._{41}$, $1._{42}$, $1._{45}$.

Wickel des belaubten Gabelzweigs II: $1._{14}$, $1._{15}$, $2._{17}$, $1._{18}$, $1._{19}$, $2._{20}$, $1._{22}$, $1._{23}$, $3._{24}$, $1._{25}$, $2._{26}$, $1._{28}$, $1._{30}$, $1._{31}$, $1._{33}$, $2._{37}$.

IV. Morphologie und Anatomie der Achse.

Die absolute Hauptachse sowie ihre Zweige sind ungefähr von cylindrischer Form, grün gefärbt, klebrig und zottig behaart. Der Durchmesser der Hauptachse betrug bei meinen kräftigsten Exemplaren 2 cm, der der Zweige im Maximum 0,7 cm. Die Maximallänge der absoluten Hauptachse war etwa 60 cm; sie wird oft von der der seitlichen Sympodien übertroffen, hauptsächlich von der der oberen gabelförmig ausgehenden. Eines derselben, welches eventuell in der Richtung der Hauptachse fortwächst, besass ebenfalls eine Maximallänge von 60 cm; die anderen erreichten höchstens 45 cm. Die genannten Grössenverhältnisse stimmten bei den beiden Varietäten (⊙, ⊙⊙) ungefähr überein. Die Höhe der ganzen Pflanze, von der Insertionsstelle der Keimblätter bis zum Gipfel des obersten Sympodiums gemessen, betrug im Maximum 1,15 Meter. Ueber die Anzahl der Laubblätter der Achse sowie über die Stellungsverhältnisse derselben ist im vorhergehenden Kapitel bereits Auskunft gegeben. Quergeschnitten zeigen die Achsen dem unbewaffneten Auge eine dünne Rinde, einen breiten gelbgefärbten Holzring, nach innen zu von einer helleren schmalen (die inneren Siebteile und Sklerenchymfasern enthaltenden) Zone begrenzt, und schliesslich das sehr grosse weisse Mark. Letzteres kann sowohl die Hauptachse wie die Zweige vollständig oder nur teilweise einbüssen, wodurch sie mehr oder weniger hohl erscheinen.

A. Primärer Bau der Achse.

Während der Keimling noch im Samen eingeschlossen liegt, sind noch keine Blattanlagen an der epicotylen Achsenanlage entwickelt, sondern es lässt sich nur der in der Richtung der Mediane des Keimblattes etwas zusammengedrückte kleine Vegetationspunkt erkennen. Nur ziemlich nahe am Vegetationspunkte vermag man den primären Bau der epicotylen Achse des weiter entwickelten Keimpflänzchens aufzufinden. Untersuchen wir z. B. eine kleine Pflanze der einjährigen Varietät, welche erst ca. 4 bis 5 wohl entwickelte Laubblätter trägt, die wegen der noch ganz kurzen Internodien ungefähr auf derselben Höhe stehen, so finden wir nur in ziemlich geringer Entfernung von der Spitze, also etwa kurz unterhalb des fünften Blattes, eine kleine Region, welche noch die Elemente in primärer Anordnung zeigt. Ein Querschnitt zeigt eine Aussenrinde, aus einer schon Haare tragenden Epidermis und ca. 7 Reihen mit grossen Intercellularen versehener Parenchymzellen bestehend. Man sieht nur sehr geringe kollenchymatische Verdickung der äusseren Reihen dieses Parenchyms auftreten. Der Leitbündelcylinder ist von der Aussenrinde nicht scharf abgegrenzt. Es tritt keine lückenlos schliessende Cylinderscheide auf; wir bemerken nur, dass ein Paar von den den äusseren Siebteilen nach aussen zu am nächsten liegenden Parenchymreihen sehr viel mehr Stärke führen als die anderen ausserhalb dieser Zone liegenden Zellen. Im Leitbündelcylinder finden wir eine breite ringsum geschlossene Zone meristematischer Zellen, welche noch an keiner Stelle eine radiale Anordnung aufweisen. In dieser Zone liegen bicollaterale Leitbündel, deren äussere Siebteile ungefähr doppelt so weit von den Tracheen-

teilen entfernt sind wie die inneren, welche bezüglich der Zahl ihrer Elemente die äusseren etwas übertreffen. An einzelnen Stellen beobachtet man Siebteile, denen gegenüber Tracheenteile noch nicht zur Ausbildung gelangt sind. Nach Petersen (1882, Pg. 383) und Solereder (Syst. An. Pg. 655) sind bicollaterale Leitbündel ein durchgehendes Merkmal der Solanaceen. Die ganze Mitte der Achse nimmt ein grosszelliges, reich durchlüftetes, stärkeführendes Mark ein. Schneiden wir jetzt ein klein wenig tiefer die Achse durch, etwa direkt oberhalb des vierten Laubblattes, so sehen wir zunächst, dass die kollenchymatische Verdickung der Aussenrinde weiter fortgeschritten ist, und dass die inneren Siebstränge sich im Gegensatz zu den äusseren vergrössert haben. Die Vergrösserung der inneren Siebstränge durch neu hinzugekommene Elemente schreitet eine Zeit lang weiter fort. Bei der Besprechung des inneren Phloëms der sekundär verdickten Achse wird sie näher berücksichtigt werden. Die wichtigste Veränderung ist jedoch in der meristematischen Zone eingetreten. Ein ringsum geschlossenes Reihenkambium ist in dem äusseren Teil dieser Zone zu erkennen. Zur selben Zeit haben die ausserhalb der ursprünglichen Tracheenteile liegenden Meristemzellen einige neue Tracheen erzeugt und zwar nicht immer in direktem Anschluss an die schon vorhandenen, sondern die neu hinzugekommenen Tracheen sind oft durch einige Parenchymzellen von den früheren getrennt. Daraus erklärt sich das bei der sekundär verdickten Achse zu besprechende Vorkommen von nach innen zu ganz isoliert liegenden Spiraltracheen, welche später zu falschen Annahmen bezüglich der Bicollateralität der Gefässbündel führen können, weil sie dem Beobachter leicht entgehen können (vgl. hierzu die Bemerkung Petersens [1882, Pg. 383]). Nach den Seiten zu sind gleichzeitig neue Sieb- und Tracheenteile hinzugekommen, und wir haben nun einen Ring von Leitbündeln vor uns, deren Tracheen nicht in radiären Reihen angeordnet sind, sondern ganz regellos stehen und zwischen denen meistens etwas Parenchym liegt. In diesem Kreise, wo die Tracheen nur in 1 bis 3 Schichten gelagert sind, ist es nicht mehr möglich, die einzelnen Gefässbündel zu unterscheiden, und, wenn wir das oben Gesagte berücksichtigen, liegt es in der Natur der Sache, dass eigentliche Markstrahlen erst bei der Entstehung des Kambiums und der Thätigkeit desselben hervortreten können. Von sogenannten primären Markstrahlen im strengen Sinne des Wortes kann also nicht die Rede sein. Die vom Kambium gebildeten „grossen Markstrahlen“ setzen sich nach innen zu an das zwischen den primären Tracheen liegende Parenchym an. Verdickte primäre Sklerenchymfasern, welche die inneren und äusseren Siebteile später begleiten, habe ich erst nach begonnener Thätigkeit des Kambiums beobachtet. Diese Thätigkeit beginnt, sobald die Internodien sich nur ein ganz klein wenig gestreckt haben, und führt also bei Hyoscyamus sehr früh zur definitiven sekundären Ausbildung der Achse, wie es auch von Tschirch angegeben wird (Anat. Atl. Pg. 168).

B. Sekundärer Bau der Achse.

Ein Querschnitt zeigt uns von dem primären Baue noch die ganze primäre Rinde, deren Siebstränge bisweilen obliteriert erscheinen, ferner die primären Tracheenteile und von diesen durch Parenchym getrennt die inneren primären Siebstränge, deren Elemente stark vermehrt sind. In der Mitte der Achse ist in den meisten Fällen das Mark nicht mehr aufzufinden, sondern es befindet sich hier jetzt eine Markhöhle. Sowohl die äusseren wie die inneren Siebteile zeigen jetzt an ihrer Aussen- bezw. Innenseite Sklerenchymfasern. Als vom Kambium gebildete neue Gewebe beobachtet man sekundäre Holz- und Rindenstränge samt Markstrahlen.

Bezüglich der folgenden anatomischen Spezialuntersuchungen mache ich darauf aufmerksam, dass die Angaben sich sowohl auf die Hauptachse wie auf die Zweige der ein- und zweijährigen Varietät beziehen, wenn nicht ausdrücklich etwas anderes hervorgehoben wird, und dass die Untersuchungen mit sehr kräftigen, ungefähr 1 Meter hohen, Ende Juli eingesammelten Pflanzen, unternommen wurden.

I. Die Aussenrinde.

Die Epidermiszellen sind tafelförmig und sehr stark längsgestreckt; ausserdem sind die Aussen-

wände ein wenig vorgewölbt (Fig. 24 und 25). Die Länge der Zellen schwankt zwischen 47 und 253 μ, die radiale Breite zwischen 16 und 55 μ und die tangentiale zwischen 16 und 90 μ. Die Aussen- sowie die Innenwände besitzen, im Gegensatz zu denen der meisten anderen Solanaceen (Schlepegrell 1892, Pg. 5), sehr starke Wandverdickungen, die jedoch bei den ersteren am kräftigsten auftreten. Eine glatte Kutikula verläuft über die Aussenwände hinweg. An den Seitenwänden, und in geringerer Anzahl an den Innenwänden befinden sich grosse, ellipsenförmige, quergestellte Tüpfel (Fig. 24 und 25). Sämtliche Wände färben sich mit Chlorzinkjod oder Jod-Jodkalium und Schwefelsäure violett bezw. blau, mit Ausnahme der Kutikula und einer inneren, dünnen, das Lumen auskleidenden Lamelle, welche von diesen beiden Reagentien gelb gefärbt wird. Diese dünne Lamelle wird von conc. Schwefelsäure und conc. Chromsäurelösung (1 + 1) gleichzeitig mit den übrigen Wandteilen gelöst und bleibt mit Phloroglucin und Salzsäure oder Anil. hydrochlor. ungefärbt. Man findet in die Epidermis Haare und Stomata eingefügt. Die Haare sind entweder einfache plasmaführende Haare oder Drüsenhaare, beide genau derselben Art wie diejenigen des Laubblattes, wo wir sie eingehender beschrieben finden werden. Sie sind hier an der Achse in einer Anzahl von etwa 16 bis 20 auf einem □ mm vorhanden. Die Stomata, welche in einer Anzahl von 5 bis 7 auf einem □ mm auftreten, werden von 3 bis 4 Nebenzellen umgeben, die in ihrem Bau den übrigen Epidermiszellen gleichen. Die Schliesszellen sind ein klein wenig über die Oberfläche gehoben und die Stomata communicieren mit grossen subepidermalen Lufträumen. Die Kutikula der Epidermis läuft in den Spalt hinein und kleidet ihn sowie teilweise die Atemhöhle aus (Fig. 25). Erwähnenswert ist es noch, dass wir, auch an älteren Achsen, Stomata vorfinden, die in ihrer Entwicklung stehen geblieben sind.

Peridermbildung tritt weder in der Epidermis, wie Fedde (1896, Pg. 6) dies für Solanum Dulcamara, Datura u. a. angiebt, noch innerhalb des Rindenparenchyms, wie bei Belladonna (Schlepegrell 1892, Nr. 15, Pg. 34), auf. Hyoscyamus niger verhält sich also in dieser Beziehung wie Nicotiana Tabacum L. (de Toni und Paoletti 1891, Pg. 45).

Der unterhalb der Epidermis liegende Teil der Aussenrinde ist ziemlich breit, bei der Hauptachse etwa 9 bis 12 Zellschichten und gehört in anatomischer Beziehung dem Typus an, welchen Vesque (1875, Pg. 106) für die Malvoideae und einzelne Solanaceae wie Datura Stramonium, Lycopersicum esculentum, Vestia bycioïdes u. a. in Bezug auf die primäre Rinde angiebt; demgemäss sind ihre Elemente von aussen nach innen zu folgendermassen angeordnet: a. Grünes Parenchym, b. Kollenchym, c. Ungefärbtes Parenchym. Das grüne, Chloroplasten und Stärke führende Parenchym beschränkt sich auf eine unter der Epidermis liegende Schicht (Fig. 25). Sie besteht aus Zellen, die im Querschnitt erheblich kleiner sind als die übrigen Zellen der Aussenrinde. Die Zellen sind längsgestreckt und bis 8-mal so lang als breit, dabei zuweilen auch etwas tangential verbreitert, zuweilen im Querschnitt mehr abgerundet und gegen die Epidermis zu kleine Intercellularen zeigend. Bei der Färbung mit Chlorzinkjod sieht man durch das Hervortreten der weisslichen Mittellamelle, dass die Wände dieser Zellen ziemlich dünn sind.

Es folgen jetzt einige Schichten Kollenchym, wovon die erste an manchen Stellen durch grosse Lufträume von den chlorophyllführenden Zellen getrennt ist (Fig. 25 Lr.). Besonders grosse Lufträume finden sich in der Nähe der Atemhöhlen der Stomata. Die Dicke der Kollenchymlage variiert selbstredend mit der Dicke der Achse; gewöhnlich findet man 6 bis 10 Zelllagen. Fedde (1896, Pg. 13) nennt 9 Schichten bei Nicotiana Tabacum „sehr viel“ für die Solanaceae; Capsicum hat nach demselben Autor (l. c.) ein bis zwei Zelllagen. Das Kollenchym ist prosenchymatisch (Ambronn) und zwar sehr langgestreckt, gekammert und mit spitz zulaufenden Enden (Fig. 26) versehen. Ich habe bis 10 auf einander stehende Zellen (Kammern) beobachtet, deren Gesamtlänge 2093 μ betrug. Die Länge der einzelnen Kammern variierte nicht allzu sehr, von 84 bis 265 μ; kürzere und längere Kammern stehen regellos über einander. Die queren Kammerwände sind, wie meistens, ganz dünn geblieben und

stehen entweder horizontal oder schief, am häufigsten jedoch horizontal oder fast horizontal. Man kann sich von diesen Verhältnissen entweder direkt an feinen Längsschnitten überzeugen oder an Schnitten, die zunächst auf einem Objektträger mit etwas Kalilauge erhitzt und dann zerzupft worden sind. Die Verdickungsleisten der Zellen können sehr oft nicht nur die Ecken einnehmen, sondern sich sogar weit ausdehnen, dass nur ganz schmale unverdickte Partien übrig bleiben. Diese dünnen Partien sind mit kleinen rundlichen oder etwas quergestreckten Tüpfeln versehen und bilden somit eine Ausnahme von der allgemeinen Regel, nach der prosenchymatische Kollenchymzellen longitudinal gestellte Tüpfel besitzen sollen (Ambronn Pg. 512). Besonders bei den inneren Reihen des Kollenchyms tritt die Verdickung der Ecken zurück, und eine mehr allgemeine Wandverdickung findet statt. Derartige Zellen besitzen sehr viel grössere, quergestellte Tüpfel als die eben besprochenen, und ihre Seitenwände können deshalb längs durchgeschnitten knotenartige Verdickungen, wie diejenige des Markparenchyms (Fig. 27) aufweisen. Das Kollenchym ist bei Hyoscyamus, was ja durchaus nicht allgemein ist, reichlich durchlüftet. Es besitzt schizogen entstandene Intercellularen, die manchmal noch grösser als die Lumina erscheinen. Derartige bedeutende Intercellularen kommen auch nach Schlepegrell (1892, Pg. 5 und 34 Nr. 14 und 15) bei Datura Stramonium und Nicotiana rustica vor. Fügen wir zu einem Querschnitte Chlorzinkjod hinzu, so färben sich die dicken Wände tief violett und die Schichtung tritt deutlich hervor (Fig. 28); wir beobachten ferner, wie die Mittellamellen, die fast ungefärbt bleiben, strahlenförmig gegen die Intercellularen hin verlaufen. Das Lumen ist jetzt durch die Verdickung mehr oder weniger unregelmässig geworden und ist eben so wie die Intercellularen von einer Lamelle derselben Art, wie sie bei den Epidermiszellen vorkommt, ausgekleidet. Eine derartige Lamelle können wir bei allen etwas dickwandigen Parenchymzellen beobachten.

Der innerhalb des Kollenchymringes liegende Teil der Aussenrinde besteht aus 2 bis 3 Reihen meist dünnwandiger, parenchymatischer, im Querschnitt abgerundeter, etwas tangential gestreckter und mit grösseren oder kleineren Intercellularen versehener Zellen, welche längsgeschnitten meistens beinahe isodiametrisch, manchmal bis 3-mal so lang als breit sind. Die Horizontalwände bleiben immer ganz dünn, die Seitenwände dagegen können sich bei dickeren Achsen etwas verdicken und tragen einfache rundliche oder elliptische Tüpfel.

Calciumoxalatkrystalle von der bei der Wurzel angegebenen Form (Fig. 9) und Grösse habe ich in diesem Parenchym vorgefunden, und zwar liegen die Krystalle in Zellen genau derselben Art wie die umgebenden. Zuweilen sind die Zellen ganz vollgefüllt von Oxalat und erscheinen dann wegen der zwischen den Krystallen befindlichen Luft schwarz. Zuweilen liegen nur wenige Krystalle in einer Zelle. Nach den Angaben Feddes (1896, Pg. 31) findet sich Krystallsand auch bei Datura und Atropa Belladonna. Die zwei innersten Zellreihen führen meistens Stärke; bei jüngeren Stengelteilen habe ich sie wie Schlepegrell (1892, Pg. 7) auf einen einzelligen Ring beschränkt gefunden. Die Stärkekörner gleichen denjenigen der Wurzel (Fig. 8), sind aber zum grössten Teil sehr klein; die Maximallänge war 6 μ, in den meisten Fällen jedoch erreichen sie nur 1,5 bis 4 μ.

2. Die Innenrinde (Definition siehe Meyer Drogenkunde II Pg. 35 bis 41 incl.)

Die Innenrinde beginnt aussen mit einer zwei- bis vierschichtigen Zelllage (Pericykel, Solereder 1899, Pg. 657), die zum Teil aus sklerotischen Elementen besteht; die letzteren wollen wir „äussere Sklerenchymfasern“ nennen. Der nicht sklerotisierte Teil (prc. Fig. 29) setzt sich aus im Querschnitt etwas tangentialgestrecktem, oft ziemlich reich durchlüftetem Parenchym zusammen. Die Längenausdehnung der Zellen übersteigt etwa 3- bis 6-mal diejenige der Breite. Die Seitenwände verdicken sich manchmal bei dickeren Achsen ganz erheblich und besitzen grosse, rundliche bis ellipsenförmige Tüpfel. Dagegen bleiben die horizontalen Wände immer ziemlich dünn, ebenso die Seitenwände bei ganz dünnen Achsen. Ausser den oben genannten äusseren Sklerenchymfasern giebt es innerhalb des sekundären

Holzes Siebstränge der primären bicollateralen Bündel, welche nach innen zu von Sklerenchymfasern begleitet werden, die wir hier einfach als innere Sklerenchymfasern bezeichnen wollen. Die inneren und äusseren Sklerenchymfasern gingen aus dem Urmeristem hervor und wurden nicht vom Kambium aus gebildet. Betrachten wir die quer durchgeschnittenen Fasern, so ergiebt sich, dass sie, was die Form angeht, im allgemeinen mit dem umgebenden Parenchym übereinstimmen. Die äusseren sind z. B. manchmal tangential gestreckt (Fig. 29 sk), und wir finden hier durchschnittlich weitere Elemente als bei den inneren. Die Menge der äusseren Sklerenchymfasern ist nicht nennenswert grösser als die der inneren, im Gegensatz zu der sonst bei den Solanaceen geltenden Regel (Schlepegrell 1892, Nr. 14, Pg. 6). Oft liegen die Sklerenchymfasern nur in einer einzigen Reihe, in anderen Fällen in 2 bis 3 Schichten, niemals aber bilden sie einen geschlossenen Ring. Die inneren Sklerenchymfasern besitzen im Querschnitt meistens eine rundliche Form (Fig. 30), wo aber mehrere zusammen liegen, platten sie sich wie gewöhnlich etwas gegen einander ab; sie können vereinzelt, oder in Gruppen von höchstens 13—14 neben einander liegen. Die Sklerenchymfasern stehen entweder isoliert oder zu mehreren über einander. Die meisten Fasern sind von typischer Form und Ausstattung (Fig. 13 b), wenige besitzen meisselförmige oder gegabelte Enden (Fig. 13 c, d), oder haben senkrecht zur Längsachse gestellte Endwände. Ziemlich oft stehen die schmalen Tüpfel senkrecht oder nur ein wenig geneigt. Die Oberfläche der Fasern ist meist glatt, zeigt aber zuweilen eine wellige Kontur, die hervorgebracht ist durch die Anschmiegung der Fasern an das umliegende Parenchym. Die Innenseite der Wände kann ebenfalls diese wellige Kontur annehmen (Fig. 31). Die Länge der einzelnen Elemente variiert bei der Hauptachse und den dickeren Zweigen von 220 μ bis 5 mm, die meisten sind wohl 500 bis 1200 μ lang. Bei den dünneren Zweigen variiert die Länge von 127 μ bis 3,5 mm, und die Durchschnittslänge beträgt hier 300 bis 600 μ. Die Breite variiert, nach der grössten Querachse gemessen, bei den erstgenannten Organen von 9 bis 50 μ, bei den letzteren von 9 bis 40 μ. Die Wanddicke beträgt 2,5 bis 6,5 μ und wird von der Lumenweite der im Querschnitt isodiametrischen Fasern um das 2- bis 3- ja sogar um das 6-fache übertroffen. Bei Fasern geringer Breite kann das Lumen fast ganz verschwinden. Alle Sklerenchymfasern geben mit den gewöhnlichen Holzreagentien (Phloroglucin und HCl oder Anil. hydrochlor) eine rote bezw. gelbe Färbung, am kräftigsten jedoch die inneren. Die Verholzung überhaupt ist aber, wie Fedde (1896, Pg. 14) ebenfalls bei den von ihm untersuchten Solanaceen konstatiert hat, keineswegs eine intensive. Chlorzinkjod ruft zwar eine Gelbfärbung hervor, aber sie tritt oft gegenüber einer gleichzeitig auftretenden Violettfärbung stark zurück. Der sekundäre Teil der Innenrinde ist sehr schmal und setzt sich aus parenchymatischen Markstrahlen und Rindensträngen, welche Siebröhre, Geleitzellen und Sieb- sowie Rindenstrangsparenchym enthalten, zusammen. Die Siebstränge bilden, im Querschnitt gesehen, sehr deutlich hervortretende grössere und kleinere Nester. Der feinere anatomische Bau der Siebröhren und der Geleitzellen lässt sich am besten nach vorhergehender Färbung mit Jodlösung untersuchen. Die Siebröhren (Fig 32) besitzen schräg oder gerade stehende Siebplatten, welche aber immer nur ein Siebfeld aufzuweisen haben. Die Seitenwände tragen ziemlich reichlich Siebfelder von meistens rundlicher Form, deren Perforationen von derselben Dicke sind wie diejenigen der Querwände. Die Wände zwischen benachbarten Siebröhren und zwischen Siebröhren und Siebparenchym sind relativ dick, wo dagegen die Siebröhren mit Geleitzellen zusammenstossen, sind sie gewöhnlich bedeutend dünner. Schliesslich ist noch zu bemerken, dass die Länge der Geleitzellen mit der der Siebröhrenglieder übereinstimmt.

Das Parenchym wird aus 2- bis 6-mal so langen als breiten Zellen mit ziemlich dicken Wänden und grossen rundlichen bis länglichen Tüpfeln gebildet.

3. Das Kambium.

Es waren bei meinem Material nur ganz wenige Reihen von Kambiumzellen aufzufinden. Sie

sind von derselben Gestalt wie diejenigen der Wurzel (Fig. 10), dabei 110—380 μ lang, und ihre radialen Wände zeigen im Herbst eine ziemlich starke Verdickung.

4. Das Holz.

Der Holzkörper entwickelt sich gleichmässig und besitzt daher etwa die Gestalt eines Cylinders im Gegensatz zum Holzkörper anderer Solanaceen wie Solanum Dulcamara, Physalis Alkekengi, bei welchem die Entwicklung vorzugsweise nach 3 Richtungen hin stattfindet (Schlepegrell 1892, Pg. 7). Nach innen zu ist das Holz bei Hyoscyamus nicht scharf abgegrenzt. Einige primäre Tracheen schieben sich etwas vor und sind von Parenchym umgeben; sie werden weiter unten näher ins Auge gefasst werden. Die Holzstränge setzen sich nur aus Tracheen und Sklerenchymfasern zusammen, und zwar bilden die letzteren die Hauptmasse des Holzes, in welcher dann die Tracheen zerstreut liegen; am dichtesten sind dieselben im innersten Teil gelagert, wo sie einen lockeren Ring bilden. Es kommen dreierlei Arten von Tracheen vor: Spiral-, Netz- und Tüpfelgefässe. Am weitesten nach innen zu treffen wir wie gesagt Spiralgefässe, die isoliert im Parenchym zwischen dem eigentlichen Holzring und den inneren Siebteilen liegen (hr Fig. 30). Es sind dies die Erstlingstracheen; ihre Verdickungsleisten sind steil und weit, und die spiralige Verdickung geht oft in die ringförmige über, auch können zwei parallel laufende Spiralbänder in einem Gefäss auftreten. Die Wandung zwischen den Verdickungsleisten ist dünn und an diesen Stellen, wie häufig bei primären Tracheen, oft wellig eingebuchtet. Dass diese Spiraltracheen isoliert im Parenchym liegen, kommt auf die von Petersen (1882, Pg. 383) für Datura Bertolonii u. a. folgendermassen beschriebene Weise zu stande: „Die Gefässbündel einiger dickstengeliger Pflanzen haben eine starke Neigung zur Ausdehnung und darauf folgenden Teilung in dem saftführenden Parenchym, das zwischen und innerhalb ihrer erst gebildeten Tracheen sich findet; das so entstandene Gewebe wird oft sehr grosszellig und die Spiraltracheen werden weit von einander getrennt und können zumal wenn sie dünnwandig sind, in dem markähnlichen Gewebe, worin sie liegen, leicht übersehen werden."

Von innen nach aussen zu folgen jetzt im eigentlichen Holzring die verschiedenen Tracheenformen folgendermassen: Zuerst wenige ziemlich weite Spiraltracheen, dann ebenfalls nur wenige netzförmig verdickte Gefässe (Fig. 11 b, d), dann Uebergangsformen zwischen diesen und hofgetüpfelten Gefässen (Fig. 12 c) und schliesslich typische Hoftüpfelgefässe (Fig. 12 a), welche die Hauptmenge der Tracheen bilden. Es mag bemerkt werden, dass überall, wo diese Hoftüpfelgefässe mit Sklerenchymfasern oder Markstrahlparenchym zusammenstossen, die Hoftüpfel an der Gefässwand erhalten bleiben. Die Durchbrechung der Querwände der Gefässe ist immer einfach; es bildet sich, auch wenn die Querwände schräg stehen, nur eine grosse Perforation aus, wobei nur ein Rand von der Zwischenwand stehen bleibt. Die Gefässe liegen teilweise einzeln, am häufigsten aber in Gruppen von 2 bis 10 Elementen zusammen und zeigen dann, den allerinnersten Teil des Holzringes ausgenommen, meist radiale Anordnung. Die Gefässe besitzen bei dickeren Achsen eine Weite von 18 μ bis 75 μ (nach der grössten Querachse gemessen), meistens sind sie 36 bis 48 μ weit; bei dünneren Achsen 18 bis 64 μ, meistens 31 bis 42 μ; die weitesten liegen in der inneren Hälfte des Holzes. Die Länge der Gefässglieder beträgt 200 bis 900 μ.

Thyllenbildung habe ich bei Hyoscyamus niger nirgends beobachtet. Fedde (1896, Pg. 21) hat bei seinen sehr viele Arten der verschiedensten Solanaceen-Gattungen umfassenden Untersuchungen ebenfalls keine gefunden. Wie ich schon gesagt habe, besteht die Hauptmenge des Holzes von Hyoscyamus niger aus Sklerenchymfasern. Fedde (1896, Pg. 24) hat ein ähnliches Verhalten nur bei den Nicandreae und Hyoscyameae bemerkt; sonst besteht nach demselben Autor (l. c.) das „Holzprosenchym" bei den übrigen Solanaceen-Gattungen vorherrschend aus Fasertracheïden. Die Sklerenchymfasern gleichen im allgemeinen denen des Wurzelholzes (Fig. 13 a, b, c, d.). Einige besonders auffallende unregelmässige

Formen sind in der Fig. 33 dargestellt. Zuweilen besitzen die Fasern eine wellige Kontur, besonders wo sie mit Markstrahlparenchym zusammenstossen (Fig. 31 und 33 z). Die schiefgestellten spaltenförmigen Tüpfel sind gewöhnlich spärlicher und kleiner als diejenigen des Sklerenchyms des Wurzelholzes; einige erscheinen fast rund. Nur äusserst selten habe ich beobachtet, dass einzelne von den Sklerenchymfasern mehr oder weniger deutliche schiefe Hoftüpfel tragen d. h. sich als Fasertracheïden ausbildeten; aber derartige Fälle kommen wegen ihrer Seltenheit als anatomisches Merkmal kaum in Betracht.

Die Wanddicke der Sklerenchymfasern ist, wie im allgemeinen bei den Solanaceen (Solereder S. An., Pg. 656) nie beträchtlich. Sie variiert bei den Hauptachsen von 2,5 bis 4 μ (selten jedoch über 3 μ) und bei den dünneren Nebenachsen von 2 bis 3 μ. Die Lumenweite übertrifft in den meisten Fällen die Wanddicke um das zwei- bis sechsfache, zuweilen auch etwas mehr. Bei den engsten Fasern jedoch kann das Lumen fast völlig verschwinden. Die Sklerenchymfasern besitzen eine Weite von 10 bis 37 μ und eine Länge von 192 μ bis 2,5 mm; die meisten sind nicht über 700 μ lang. Aus diesen Grössenverhältnissen im Vergleich mit denjenigen der Kambiumzellen kann man schliessen, dass die Sklerenchymfasern, aller Wahrscheinlichkeit nach, aus einer Kambiumzelle hervorgegangen sind. Die Fasern geben mit den gewöhnlichen Holzreagentien Holzreaktion.

Holzparenchym habe ich bei Hyoscyamus nicht vorgefunden; es ist ja überhaupt bei der Solanaceenachse im allgemeinen nur sehr schwach entwickelt (Solereder S. An. Pg. 656).

5. Das Leitbündelparenchym.

An der Innengrenze des nicht scharf abgegrenzten Holzringes liegen in geringer Anzahl parenchymatische verholzte Zellen, welche mehr oder weniger die äussersten Gefässe umschliessen können. Sie stehen mit dem zwischen dem Holzring und den inneren Siebsträngen befindlichen, einige primäre Gefässe enthaltenden, unverholzten Parenchymgewebe in Verbindung und stimmten im anatomischen Bau vollständig mit ihm überein. Wir wollen dies gesamte Gewebe sowie dasjenige zwischen den inneren Siebteilen und den inneren Sklerenchymfasern mit dem Namen „Leitbündelparenchym“ belegen, nicht aber, — wie es Schlepegrell bei seiner Besprechung des Xylems der Solanaceen thut – , den Ausdruck Holzparenchym als Bezeichnung gewisser der erwähnten Parenchymgewebepartien anwenden, um so weniger als dieselben bei Hyoscyamus nicht aus dem Kambium hervorgegangen sind. Schlepegrell sagt (1892 Nr. 14 Pg. 7) folgendes: „Bei manchen Arten lassen sich die primären Gefässbündel noch deutlich erkennen, indem sie ziemlich weit auseinander liegen und nur durch einen schmalen Streifen Holzparenchym verbunden sind (Physochlaina physaloides, Lycopersicum esculentum, Scopolia atropoides).“

Die Leitbündelparenchymzellen (lbp. Fig. 30) sind quergeschnitten rundlich, dabei etwa 3—4 Mal so lang als breit; sie führen oft nur wenige und kleine Intercellularen zwischen sich und besitzen durchweg dünnere Wände als die Hauptmenge der Markzellen, denen sie sonst in der Ausstattung der Wände gleichen. Bei den Nebenachsen sind dieselben Modifikationen zu bemerken wie ich sie bei den Zellen des Marks weiter unten erwähnen werde Das Leitbündelparenchym führte bei meinem Material geringe Mengen zusammengesetzter Stärkekörner von derselben Art wie bei der Wurzel (Fig. 8); ebenfalls vereinzelte kleine Oxalatkryställchen, nicht aber grössere Krystallsand-Mengen wie die Zellen des Markes.

6. Das innere Phloëm.

Die Siebstränge des inneren Phloëms gehören alle den Leitbündeln an. Wirklich markständige Leptomgruppen wie bei Solanum tuberosum, S. Dulcamara und Datura Species (De Bary 1877, Pg. 352 und 242), Nicandra physaloides (Petersen 1882, Pg. 383) und Nicotiana Tabacum (De Tomi und Paoletti 1891, Pg. 44) habe ich bei Hyoscyamus niger niemals beobachtet.

Die inneren Siebstränge (sb Fig. 30) treten in Form von kleineren oder grösseren Inseln auf und bilden also hier keinen geschlossenen Ring wie sonst oft bei den Solanaceen. Wir haben beim primären Bau der Achse gesehen, dass schon vor dem Beginn des sekundären Dickenwachstums sich die inneren Siebstränge etwas vergrössert hatten; diese Thätigkeit, die nicht durch das Auftreten eines Kambiums, sondern durch ganz unregelmässige Teilungen erfolgt, geht oft ziemlich weit. Eine kleine etwa 6 wohl entwickelte Laubblätter besitzende Pflanze z. B. hat innere Siebstränge, die aus 5 bis 15 Elementen bestehen Bei der ausgewachsenen Pflanze dagegen sind Stränge von 35 Elementen durchaus nicht selten; bei ihr sind Stränge von 5 bis 15 Elementen nur noch vereinzelt aufzufinden. Das innere Leptom kann sogar das äussere etwas an Massenentwicklung übertreffen, was nach Petersens Beobachtungen (1882, Pg. 382) bei den Solanaceen die Regel zu sein scheint. Die Vermehrung geschieht nicht immer wie bei Hyoscyamus durch unregelmässige Teilungen, sondern es bildet sich zuweilen an der Aussenseite ein radiär geordnetes sogenanntes „faux Cambium“ aus (Vesque 1875, Pg. 138). Ich habe ein derartiges Kambium bei Lycium barbarum beobachtet; Vesque (l. c.) giebt das Auftreten desselben ausser bei dieser Pflanze auch bei Capsicum bicolor, Solandra hirsuta u. a. an.

Das innere Leptom setzt sich aus Elementen von genau derselben Art und demselben Bau zusammen wie bei den äusseren Siebsträngen; die Siebröhren besitzen auch an den Seitenwänden Siebfelder, was nach Petersen (1882, Pg. 383) bei dem inneren Leptom eine seltene Erscheinung sein soll. Genannter Autor giebt dasselbe für Solandra grandiflora an. An der Innenseite ist das Leptom von Sklerenchymfasern begleitet (sk. Fig. 30) Ein ähnliches Verhalten zeigen nach Vesque (1875, Pg. 140) Datura, Physalis, Atropa und Solanum; bei Nicotiana dagegen fehlt das Sklerenchym. Das Nähere bezüglich der Sklerenchymfasern ist bei der Besprechung der Innenrinde mitgeteilt.

7. Die Markstrahlen.

Man findet sowohl grosse wie kleine parenchymatische Markstrahlen; erstere treten bei Hyoscyamus, wie bei dem primären Bau der Achse näher erläutert wurde, erst bei der Thätigkeit des Kambiums hervor und setzen sich nach innen zu an das zwischen den innersten Tracheen des Holzringes liegende Parenchym an. Sie reichen also nicht direkt bis an's Mark, wir wollen sie aber trotzdem grosse Markstrahlen nennen zum Unterschied von den kleinen, nur einen Teil des Holzes und der sekundären Rinde durchsetzenden Strahlen. Beide sind ein- oder zweireihig, selten und jedenfalls nur in einem geringen Teil ihrer Höhe dreireihig. Die Strahlen besitzen manchmal nicht dieselbe Breite in ihrer ganzen Längenausdehnung, sondern der mittlere Teil ist oft zweireihig, während man oben und unten nur eine Reihe Zellen beobachtet. Beim Betrachten der längsdurchgeschnittenen Markstrahlen habe ich nirgends bemerkt, dass dieselben von einem Internodium bis zum anderen reichen, vielmehr durchsetzen sie immer nur einen Teil eines solchen. Die Höhe variiert am häufigsten zwischen 2 und 30 Zellen, ich habe aber auch 50 Zellen hohe Markstrahlen beobachtet und andrerseits solche, die nur die Höhe einer einzigen Zelle besassen.

Der Verlauf der Strahlen ist einigermassen gradlinig radial, jedenfalls in dem sekundären Teil des Holzes, was dem allgemeinen Verhalten der Strahlen bei den Solanaceen entspricht (Fedde 1896, Pg. 26). Nur selten werden die Markstrahlen dermassen von grösseren Gefässgruppen beeinflusst, dass sie gezwungen werden, wesentlich von ihrer einmal genommenen Richtung abzuweichen. Sie schmiegen sich sehr oft den radiären Gefässreihen an.

Die einzelnen Zellen sind von prismatischer Form mit geraden oder in mehrreihigen Strahlen zuweilen mit etwas zugeschärften Endflächen, dabei meist 1,5- bis 3-mal so breit in radialer Richtung wie in tangentialer und wiederum 1,5- bis 5-mal so hoch als breit in radialer Richtung. Wir sehen also, dass die Zellen in der Regel aufrecht sind (De Bary) d. h. in vertikaler Richtung ihren grössten Durchmesser haben. Nebenbei kommen aber auch Zellen vor, die eine mehr isodiametrische Gestalt

besitzen. Die Tüpfelung ist sehr reichlich und die einzelnen Tüpfel von rundlicher bis mehr elliptischer Form (Fig. 34). Es können sich sowohl tangential- wie radialverlaufende Intercellularen ausbilden und diese letzteren können auch zwischen Markstrahlzellen und angrenzenden Sklerenchymfasern auftreten. Wo die Markstrahlzellen im Holze mit hofgetüpfelten Elementen zusammenstossen, bleiben an der Berührungsfläche die Hoftüpfel erhalten.

In der Innen-Rinde erweitern sich die Markstrahlzellen im Vergleich mit denen des Holzes nicht erheblich, wie sie es sonst oft thun. Ihre radialen Wände fand ich in der kambialen Zone ziemlich stark verdickt; bei den äussersten Zellen, die ja hier immer von dickwandigen Elementen umgeben sind, erstreckt sich die Verdickung auch auf die tangentialen Wände. Die Wände geben sämtlich Cellulosereaktion. Im Holze besitzen die Markstrahlzellen alle sehr dicke Wände (Fig. 34) und geben eine ebenso intensive Holzreaktion wie die Sklerenchymfasern und die Tracheen. Die Höhe der einzelnen Zellen beträgt hier 20 bis 152 μ bei der Hauptachse; bei den dünneren Nebenachsen habe ich nur eine Maximalhöhe von 80 μ gefunden. Die Breite in radialer Richtung schwankt bei Haupt- und Nebenachsen zwischen 10,5 und 44 μ, in tangentialer Richtung zwischen 6,5 und 25 μ.

8. Das Mark.

Den ganzen Raum innerhalb der Leitbündel nimmt ein homogenes aus grossen im Querschnitt rundlichen Parenchymzellen bestehendes Mark ein, welches senkrecht verlaufende und auch, wenngleich in geringerer Anzahl und von geringerer Grösse, wagrecht verlaufende Intercellularen besitzt. Einige der Zellen sind isodiametrisch, andere 2- bis 6-, am häufigsten jedoch nur bis 3-mal so lang als breit. Die Zellwände sind immer unverholzt. Bei der Hauptachse und den kräftigeren oberen Zweigen verdicken sich die Längswände beträchtlich, die Querwände dagegen weniger oder gar nicht (Fig. 27). Je dünner die Achsen, desto zarter werden gleichzeitig die Zellwände, und wir gelangen zuletzt zu Zweigen, die nur ein ganz dünnwandiges Mark aufzuweisen haben.

Die verdickten Wände tragen grosse einfache Tüpfel, welche von der Fläche gesehen elliptisch geformt und über die ganze Wand verteilt sind (Ap. Fig. 27). Die nur schwach verdickten Wände können in geringerer Anzahl ebenfalls derartige einfache Tüpfel ausbilden.

Im Marke zerstreut, befinden sich Zellen, die mit dem bei der Wurzel beschriebenen groben Krystallsand angefüllt sind (kr. Fig. 27); sie unterscheiden sich in keiner Beziehung von den anderen Zellen des Marks. Nach Fedde (1896 Pg. 30—31) führen Atropa Belladonna, Capsicum annuum und Datura ebenfalls Krystallsand im Mark und ausserdem Einzelkrystalle; die beiden ersteren kleine Prismen und grössere Oktaëder, die letztere nur kleine Oktaëder, welche Verfasser auch bei Hyoscyamus niger konstatiert haben will. Ich muss dabei darauf aufmerksam machen, dass er unter Krystallsand entweder pulverförmige, in krystallographischer Beziehung unbestimmbare, die Zellen vollständig ausfüllende oder aus ganz winzigen Tetraëdern bestehende Oxalatanhäufungen versteht. Angaben der Grössenverhältnisse der Einzelkrystalle finden sich leider bei ihm nicht. Stärke fand ich bei meinen Ende Juli eingesammelten Pflanzen im Marke nicht vor.

Man beobachtet sehr häufig, sogar wohl in der Regel, dass die Haupt- sowie die Nebenachsen Höhlungen in ihrer Mitte zeigen. Sie sind durch Zerreissen der Markzellen entstanden und können einen grösseren oder kleineren Umfang annehmen. Bisweilen verschwindet das Mark fast vollständig. Tschirch (An. At. Pg. 167) spricht bei Hyoscyamus überhaupt nur von „dem hohlen Stengel.“ Ich muss aber hierzu bemerken, dass ich sehr grosse kräftige Exemplare gefunden habe, bei welchen noch Ende Juli keine Spur von einer Markhöhle zu erblicken war. Sie ist also, obwohl sehr häufig, doch andererseits nicht als obligatorisch anzusehen.

V. Entwicklungsgeschichte des Laubblattes.

Betrachten wir die Endknospe der Hauptachse einer jungen schon normale Laubblätter tragenden einjährigen Pflanze, deren wir uns zur Untersuchung der Entwicklungsgeschichte des Blattes am besten bedienen, so werden wir an der Achsenspitze die jungen Blattanlagen als kleine Höcker wahrnehmen können (Fig. 35 I Bl.). Eine deutliche Gliederung des Primordialblattes in Oberblatt und Blattgrund (Eichler 1861, Pg. 8) findet nicht statt; die junge Blattanlage wächst zunächst kräftig heran, hauptsächlich die Spitze desselben, ohne dass Veränderungen am Blattrande eintreten (Fig. 35 I a, b, c). Ein kleines 730 μ langes Blatt zeigt schon zwei seitliche Höcker als ersten Anfang der Zähne oder Abschnitte des Blattes (Fig. 35 II). Leitbündel treten noch nicht hervor, dagegen bemerken wir schon kleine Ausstülpungen in der Epidermis, welche von den heranwachsenden Haaren herrühren. Bei einem 1,25 mm grossem Blatt (Fig. 35 III) sind zwei weitere seitliche Höcker hinzugekommen, und wir sehen schon hier, dass die Blattzähne oder Abschnitte sich in basipetaler Folge entwickeln; ferner sind die ersten Spiraltracheen des Mittelnervs gebildet und die Haare fünfzellig geworden, besitzen aber alle noch eine nicht besonders differenzierte Endzelle. Ist das Blatt etwa 1,8 mm lang geworden, so ist eine weitere Differenzierung der Blattzähne insofern eingetreten, als die oberen jetzt schon gegen die mittleren an Grösse zurückstehen (Fig. 35 IV). Die Haare sind bis 300 μ lang geworden, und einige tragen eine etwas angeschwollene Endzelle. Bei etwa 4 mm langen Blättern (Fig. 35 V) treten die ersten horizontal stehenden Querwände in dieser Endzelle auf. Wir bemerken nun die ersten Spiraltracheen der Sekundär- und Tertiärnerven, jedoch fast nur an der Spitze des Blattes; in den untersten Blattzähnen dagegen sind noch keine Leitbündel aufzufinden. Die Epidermiszellen fangen an, an einigen Stellen sich etwas zu buchten, und fertig entwickelte Stomata sind hie und da zu beobachten. Allmählig schreitet die Entwicklung der Nervatur und der Haare weiter vor; erstere ist an der Spitze des Blattes schon bei einer Blattlänge von 1,2 cm definitiv ausgebildet (Fig. 35 VI) und bei 2,2 cm ausserdem in den Blattzähnen. Hat das Blatt die letztgenannte Grösse erreicht, so können wir auch einzelne typisch entwickelte Drüsenhaare mit quer- und längsgeteiltem Köpfchen auffinden.

Wie man sieht, sind die Blätter der Entwicklungsgeschichte nach dem basipetalen Typus (Eichler 1861, Pg. 17) sowie, unter den von Prantl aufgestellten Typen, am nächsten dem basiplasten (1883, Pg. 281 u. f.) bei zu zählen.

Bei denjenigen Blättern, bei denen ein Blattstiel zur Entwicklung gelangt, geschieht dies erst, nachdem die Zähne der Lamina schon ziemlich weit differenziert sind.

Bezüglich der Vernation der Blätter ist schliesslich nur noch zu bemerken, dass die Ränder derselben ein wenig nach der Oberseite des Mittelnervs hingebogen erscheinen. Der Vegetationspunkt und die jüngsten Blattanlagen werden von den älteren nur locker umhüllt.

VI. Morphologie des Laubblattes.

Aus den Figuren 50 und 51, welche die successive Ausgestaltung der Laubblätter darstellen, ersieht man, dass sowohl bei der einjährigen Varietät (Fig. 50) wie bei der zweijährigen im ersten Jahre (Fig. 51), nach den beiden kleinen, lanzettförmigen, etwa 2 cm langen, gestielten Kotyledonen zunächst ganzrandige, gestielte, einfach geformte Laubblätter zur Ausbildung gelangen. Die Blattspreite ist hier, wie überall, wo ein Stiel gebildet wird, gegen diesen nicht scharf abgegrenzt, sondern verschmälert sich allmählig in denselben, wobei der Stiel ungefähr eine Querschnittsform annimmt, wie sie Figur 36 darstellt. Schon beim vierten Laubblatt können schwache Andeutungen von Zähnen am Blattrande auftreten, gewöhnlich aber treten solche erst beim fünften Blatte auf. Bei der zweijährigen

Varietät differenziert sich im ersten Jahre der Blattrand allmählig mehr und mehr, der Blattstiel wird beibehalten, und in der Regel hat schon das achte Laubblatt die definitive Gestalt des gestielten Hyoscyamusblattes angenommen (Fig. 51 [8]). Die Maximallänge dieser gestielten Blätter beträgt 55 cm, die Maximalbreite 24 cm.

Bei der einjährigen Varietät dagegen verkürzt sich der Blattstiel mehr und mehr gleichzeitig mit der fortschreitenden Ausbildung des Blattrandes. Schon beim sechsten Laubblatte kann der Stiel vollkommen verschwunden sein, jedoch verschwindet er meistens erst beim siebenten oder achten. Im vorliegenden Falle besitzt das siebente Blatt noch eine schmale basale Partie, welche aber beim achten Blatte nicht mehr aufzufinden ist. Wir haben hier schon das definitiv ausgebildete sitzende Blatt vor uns. Dasselbe (Fig. 50 [8]) ist also sitzend, mehr oder weniger langgestreckt-eiförmig, läuft nach oben allmählig spitz zu und umfasst mit seiner Basis den Stengel etwa zur Hälfte, um schliesslich in höherem oder geringerem Grade an ihm herabzulaufen. Die Blätter sind entweder nur buchtig gezähnt, oder sie besitzen tiefere Einschnitte und sind manchmal sogar fiederspaltig. Sie erreichten eine Maximallänge von 28 cm und eine Breite von 14 cm. Die kräftigeren Nerven, bis zweiter oder dritter Ordnung incl., treten an beiden Blattseiten ziemlich stark hervor, am stärksten jedoch auf der Unterseite.

Auch bei der zweijährigen Pflanze finden wir im zweiten Jahre fast ausschliesslich ungestielte Blätter von der zuletzt beschriebenen Gestalt; nur können bisweilen die unteren 6 bis 14 dicht zusammen stehenden Blätter eine lange schmale basale Partie entwickeln, also ähnlicher Gestalt sein wie die Uebergangsblätter (Fig. 50 [7]) der einjährigen Pflanze. Sie sterben ziemlich früh ab.

In den Inflorescenzen verkleinern sich die Blätter bei beiden Varietäten allmählig nach oben zu. Die Einschnitte werden ebenfalls kleiner und treten in stets geringerer Anzahl auf. Die Blätter sind in dem oberen Teil des Blütenstandes nicht mehr herablaufend, sondern nur etwa halb stengelumfassend.

Fassen wir das oben Gesagte kurz zusammen, so können wir sagen: Hyoscyamus niger besitzt zunächst eine Reihe gestielter Laubblätter mit am Stiel herablaufender Spreite; diese letztere gliedert sich am Rande allmählig. Gleichzeitig wird der Stiel entweder beibehalten, in welchem Falle wir zum typischen gestielten Hyoscyamus-Blatte gelangen, wie es die zweijährige Varietät im ersten Jahre besitzt, oder es schwindet der Stiel mehr und mehr, was zur Bildung des typischen sitzenden Hyoscyamus-Blattes führt, wie wir es bei der zweijährigen Varietät im zweiten Jahre und bei der einjährigen Varietät vorfinden. In den oberen Regionen der Pflanze geschieht wiederum eine Vereinfachung in der Gliederung des Blattrandes.

Behaarung.

Die Hyoscyamus-Blätter sind sehr stark behaart, was besonders am Blattrande und auf den Nerven für das unbewaffnete Auge deutlich hervortritt. Die Nerven können dadurch ein weissfilziges Aussehen annehmen; auch der event. Blattstiel ist behaart. Im Uebrigen verweise ich bezüglich der Haarformen auf das weiter unten Gesagte.

Nervatur.

Das Blatt besitzt nur einen Primärnerv, welcher ziemlich gerade von der Basis bis zur Spitze der Spreite verläuft (Fig. 50 und 35 [6]) und letztere ungefähr halbiert. Von dem Primärnerven gehen kräftige Sekundärnerven unter einem Winkel von etwa 50 bis 80° aus. Sie verlaufen mehr oder weniger bogenförmig und gehen bei den typisch ausgebildeten Hyoscyamus-Blättern zum grössten Teil in die Zähne des Blattrandes hinein, wo sie in derselben Weise verlaufen, wie der Primärnerv in der Blattspitze. Die von den Sekundärnerven ausgehenden Nerven höherer Ordnung (Fig. 35 [6]) bilden ein Anastomosennetz zwischen jenen, in dessen Maschen sich freie Nervenendigungen befinden. Solche finden wir ebenfalls von den äussersten seitlichen Maschen aus gegen den Blattrand hin verlaufend.

Auch bei den ganzrandigen Erstlingsblättern sowie bei den Keimblättern (Fig. 37) sind schon die Nervaturverhältnisse genau so, wie es bei der Blattspitze des typischen Laubblattes in der Figur 35 [6] dargestellt und oben beschrieben worden ist.

VII. Anatomie des Laubblattes.

A. Die Blattspreite.

Die Blätter von Hyoscyamus niger sind bifacial gebaut; es findet sich unter der Epidermis an der Oberseite des Blattes Palissadengewebe, an der Unterseite Schwammparenchym und als Verbindungsglied zwischen diesen beiden parenchymatische abgerundete Zellen.

I. Die Epidermis.

Die Epidermis der beiden Blattseiten ist gleichartig gebaut, besteht aus flach tafelförmigen Zellen, die wellig gebogene Seitenwände haben und von oben gesehen, entweder in einer Richtung gestreckt sind oder eine mehr isodiametrische Gestalt besitzen (Fig. 38 und 39). Der Grad der Welligkeit kommt unter den medicinisch verwendeten Solanaceenblättern dem der Belladonnablätter am nächsten. Die Blätter von Datura Stramonium besitzen eine etwas weniger, die von Nicotiana Tabacum eine sehr viel weniger wellig gebogene Epidermis. Die Epidermis der Ober- und Unterseite zeigt bei Hyoscyamus keine Differenz in der Welligkeit, im Gegensatz zu der des Belladonna- und besonders des Stramonium-Blattes, deren Epidermiszellen auf der Unterseite am stärksten gebuchtet erscheinen.

Ueber den Nerven sind die Epidermiszellen, wie gewöhnlich, stark in der Richtung des betreffenden Nerven gestreckt und entweder spitz zulaufend oder mit gerade stehenden Querwänden versehen. Die Kontur dieser Zellen ist nur auf den feineren Nerven schwach wellig gebogen, sonst verlaufen die Seitenwände vollkommen gerade. Die Aussenwände verdicken sich ziemlich stark, die Seitenwände relativ wenig, und bei den Innenwänden treten, jedenfalls über dem Mittelnerv und den Nerven erster Ordnung, stärkere meist deutlich kollenchymatische Eckenverdickungen auf (Fig. 40 und 41). Bei den übrigen Epidermiszellen verdicken sich nur die Aussenwände beträchtlich; die Seiten- und Innenwände können in allen Fällen ziemlich grosse einfache Tüpfel ausbilden. Alle Wände der Epidermiszellen färben sich mit Chlorzinkjod violett, mit Jod-Jodkalium und Schwefelsäure blau; nur eine um das Lumen herumlaufende dünne Lamelle färbt sich braungelb; sie wird von den gewöhnlichen Holzreagentien nicht tingiert und geht mit conc. Schwefelsäure und conc. Chromsäurelösung (1+1) gleichzeitig mit den übrigen Wandteilen in Lösung. Die dünne das ganze Blatt überziehende Kutikula wird ebenfalls, wie gewöhnlich, von den beiden zuerst genannten Reagentien gelb tingiert; sie ist wie die des Stramoniumblattes vollkommen glatt; fein gestreift erscheint dagegen die Kutikula des Belladonnablattes.

Sowohl auf der Blattober- wie auf der Blattunterseite befinden sich in die Epidermis eingeschaltet Stomata und Haare.

Die Stomata entstehen in folgender Weise: Gehen wir von einer Anfangszelle (Epidermisinitiale) aus, so erfolgt die Bildung der Mutterzelle der Spaltöffnungsschliesszellen durch Teilungen dieser Initiale mittelst nach einander auftretender und schief zu einander stehender Wände. Der Entwicklungsgang ist in Figur 42 dargestellt und entspricht dem von Vesque als Cruciferen-Typus bezeichneten Entwicklungsmodus der Stomata. Nach den Angaben von Vesque (1885 Pg. 300) und Solereder (Syst. An. Pg. 651) ist dieser Typus bei den Solanaceen am häufigsten vorzufinden. Im fertigen Zustande finden wir die von der Fläche gesehen ellipsenförmigen Spaltöffnungsapparate ein wenig über die

umgebenden Zellen emporgehoben (Fig. 38 und 39). Die Schliesszellen sind hier, wie gewöhnlich, wurstförmig; die Aussen- und Innenwände sowie die oberen und unteren Teile der Bauchwände sind stark verdickt, und letztere besitzen oben und unten kleine Kutikularleistchen. Die Kutikula kleidet den Spalt vollständig aus; sie bekleidet ebenfalls zum Teil die Innenwände der den Schliesszellen benachbarten Epidermiszellen (cut. Fig. 38). Die Stomata werden umgeben von meistens drei, oft aber auch von vier den übrigen Epidermiszellen vollständig gleichenden Nebenzellen, deren eine gewöhnlich kleiner ist als die anderen. Sonst soll nach Fedde (1896, Pg. 28) die Zahl der Nebenzellen der Solanaceenblätter beinahe durchweg vier sein; einzelne wie z. B. Physalis Alkekengi haben jedoch drei bis vier. Fol. Stramonii besitzen nach Tschirch (Anat. Atl. Pg. 284) an der Oberseite drei, an der Unterseite drei bis fünf. Die Nebenzellen des Hyoscyamusblattes zeigen in den meisten Fällen in der Verlängerung des Spaltes der Stomata eine Einbuchtung, entweder nur an der einen oder an beiden Seiten, welche etwas tiefer liegt als die Stomata selber, und da nun die Nebenzellen ausserdem unter die Schliesszellen greifen, so müssen naturgemäss bei hoher und tiefer Einstellung zwei derartig von einander abweichende Bilder auftreten, wie sie in der Figur 43 durch die zwei verschiedenen Konturen angegeben werden; es sind offenbar die erwähnten Einbuchtungen, welche Tschirch (Anat. Atl. Pg. 168) unrichtig als Zapfen bezeichnet und als massive Anhängsel in seiner Figur 3 (Taf. 39) abgebildet hat. Die Stomata finden wir überall in der Epidermis unregelmässig zerstreut und an beiden Blattseiten in einer Anzahl von etwa 60 bis 80 auf einem □mm. Die Länge variiert von 30 bis 43 μ, die Breite (senkrecht zur Mitte des Spaltes) von 25 bis 33 μ. Spaltöffnungsapparate in ungefähr gleicher Menge auf der Ober- und Unterseite besitzen auch Fol. Stramonii; Fol. Belladonnae und Fol. Nicotianae haben dagegen weitaus die meisten auf der Unterseite. Die Stomata der Hyoscyamusblätter sind alle Luftspalten; Wasserspalten sind auch bei den soeben genannten drei anderen Sorten medicinisch verwendeter Solanaceenblätter nicht vorgefunden (Meyer, Drogenkunde 1892, Pg. 201).

Ehe wir zur speciellen Besprechung der Hyoscyamus-Haarformen übergehen, möchte ich an dieser Stelle zum Vergleich einige kurze Bemerkungen über die Behaarung der Solanaceen im allgemeinen voraussschicken. Diesbezügliche Angaben finden sich besonders bei Vesque, Schlepegrell, Weiss, Martinet und Fedde. Vesque (1885, Pg. 298) hat die Behaarung der Blätter untersucht und giebt das Vorkommen von zweierlei Haarformen an: Einfache Haare (Deckhaare, Poils tecteurs) und Drüsenhaare. Die Deckhaare sollen fast alle einreihig, mehrzellig, am Ende spitz oder mehr oder weniger abgerundet sein. Die einzelnen Zellen sind cylindrisch, nur bei Nicandra physaloïdes auf der Blattoberseite hat er einzelne Haare gefunden, die an der Mitte aufgeschwollen erschienen. Einzellige Haare finden sich bei der Gattung Schizanthus, und nicht secernierende Kopfhaare mit vielreihigem Stiel bei Solanum macrophyllum. Bezüglich der Drüsenhaare sagt Vesque, dass sie meist einen einreihigen Stiel besitzen, welcher ein- oder mehrzellig sein kann; mehrreihig ist er bei Schizanthus (gewöhnlich vierreihig, Martinet 1872, Pg. 169). Der Stiel trägt ein secernierendes, ein- oder mehrzelliges rundliches bis ellipsoïdisches Köpfchen, das durch Transversal- und Longitudinalwände geteilt ist. Schlepegrell (1892 Nr. XIV, Pg. 5), der nur die Behaarung der Achse untersucht hat, giebt an, dass die beiden genannten Haarformen am häufigsten neben einander auftreten; nur Drüsenhaare hat er bei Fabiana imbricata, Petunia violacea, Salpiglossis sinuata, Leptoglossis linifolia und Sclerophylox cynocrambe gefunden; unbehaart waren Anthocercis littorea und Grabowskia boerhaviaefolia.

Es kommen ferner bei einigen Solanaceen verzweigte Haare vor, z. B. bei den Blättern von Chamaesaracha (Fedde 1896, Pg. 9) und nach Schlepegrell (l. c. Pg. 4) bei den Achsen von Acnistus arborescens, Jochroma tubulosa, Poecilochroma microphylla, Lycium hamilifolium, Solandra Hauptii, Anisodus lucidus, Juanulloa aurantiaca, Cestrum laurifolium, Witheringia spina alba, ferner bei verschiedenen Solanum Arten, z. B. S. callicarpifolium, indicum, gracile und ferox und bei Cyphomandra abutiloïdes.

Die folgenden Angaben beziehen sich, wenn etwas anderes nicht ausdrücklich hervorgehoben wird, sowohl auf die Haare der Achse wie auf diejenigen des Laubblattes. Die Haare sind Trichome, die von einer in der Epidermis eingesenkten Basalzelle ausgehen, und zwar am häufigsten von deren Mitte. Ich habe nicht derartige, mehrere Basalzellen besitzende Haare beobachtet, wie sie Vogel (Anatomischer Atlas 1887. Taf. 10) abbildet; ein solches Vorkommen muss jedenfalls zu den Seltenheiten gehören. Die Basalzellen sind ein wenig über die umgebenden Epidermiszellen emporgehoben, denen sie bei dem Laubblatte gleichen (Fig. 38 und 39); bei der Achse dagegen sind sie gewöhnlich von der Fläche gesehen kürzer und mehr abgerundet wie die umgebenden Zellen (Fig. 24). Soweit jedoch die Aussenwand der Basalzelle als Grenzfläche gegen die nächstfolgende Zelle des Haares dient, ist sie relativ wenig verdickt und bei der Achse mit breit-spaltenförmigen Tüpfeln versehen (Fig. 25 und 38). Nur bei einzelnen sehr breiten Haaren der Achse war eine schwach radiäre Anordnung der umgebenden Epidermiszellen zu bemerken. Hyoscyamus niger besitzt im Einklang mit den oben citierten allgemeinen Angaben Vesque's und anderer Autoren zweierlei Arten von Haaren; entweder einfache, mehr oder weniger spitz zulaufende, plasmaführende Haare (Fig. 44 a, b, c), oder Drüsenhaare (Fig. 45 e, g) mit mehrzelligem Köpfchen. Zwischen diesen beiden typischen Formen kommen Uebergangsformen vor (Fig. 44 d und 45 f), welche einzellige secernierende Köpfchen besitzen.

I. Die einfachen Haare sind mehrzellig, am häufigsten 2- bis 4-zellig, einreihig und von einer glatten Kutikula überzogen. Die basale Breite variiert von 20 bis 42 μ und die Länge meistens von 95 bis 619 μ; hie und da aber finden wir, hauptsächlich auf den Nerven, 4—5 mm lange Haare.

II. Die Drüsenhaare sind durchschnittlich länger und breiter als die eben besprochenen; die basale Breite schwankt häufig zwischen 36 und 80 μ. Wohl die meisten sind 300 bis 900 μ lang, einige sogar bis 5,5 mm. Die Drüsenhaare sind immer wie die einfachen Haare von einer glatten Kutikula überzogen; sie besitzen einen mehrzelligen, einreihigen, sich allmählig nach unten zu verbreiternden Stiel, welcher das durch Quer- und Längsteilung einer etwas angeschwollenen Endzelle entstandene Köpfchen trägt. Nur aus diesem letzteren geht die Ausscheidung des klebrigen, bräunlichen, unangenehm riechenden Sekrets vor sich. Dasselbe sammelt sich unter der Kutikula, die dabei abgehoben werden kann (g, Fig. 45) und bisweilen zerreisst.

Sowohl Drüsenhaare wie einfache Haare finden sich überall bunt durch einander gemengt, letztere sind jedoch vorherrschend. Am Laubblatte tragen die Nerven und die Blattränder weitaus die grösste Anzahl von Haaren; an den übrigen Teilen der Blattspreite treten die letzteren etwas sparsamer auf; es befinden sich hier ungefähr 25 Haare auf einem □ mm. Ich möchte schliesslich zum Vergleich nur noch die Trichomgebilde der übrigen medizinisch verwendeten Solanaceen-Blätter ganz kurz skizzieren. Folia Belladonnae besitzen 1. 3—5zellige, glatte, einfache Haare, 2. Drüsenhaare mit mehrzelligem Stiele und einzelligem Köpfchen, 3. Drüsenhaare mit kurzem, meist 1—2zelligem Stiele und mehrzelligem (meist 6zelligem) häufig umgekehrt kegelförmigen Köpfchen; dagegen habe ich nicht die von Martinet (1872, Pg. 164) erwähnten Drüsenhaare beobachtet, deren Köpfchen nur durch Transversalwände geteilt waren. Meiner Meinung nach hat Martinet hier noch nicht fertig entwickelte Haare beschrieben, oder hat vielleicht die meist zweireihigen Köpfchen von der Seite betrachtet. Folia Stramonii haben 1. Drüsenhaare mit kurzem Stiele und mehrzelligem abgerundeten oder umgekehrt kegelförmigem Köpfchen, 2. 1—4zellige (meist 3zellige) einfache Haare mit warziger Kutikula. Folia Nicotianae schliesslich tragen 1. Drüsenhaare mit kurzem, einzelligen oder langem mehrzelligen Stiele und eiförmigem 1—20zelligen Köpfchen, 2. mehrzellige, zugespitzte einfache Haare, beide Formen mit längsstreifiger Kutikula. Adolf Meyer (1882, Pg. 27) giebt unrichtig an, dass die Blätter nur Drüsenhaare besitzen. Folia Stramonii und Folia Belladonnae sind beide sehr schwach behaart, Folia Nicotianae schon etwas kräftiger.

2. Das Mesophyll.

Die Blätter sind wie die übrigen offizinellen Solanaceen-Blätter bifacial gebaut und haben wie diese auf der Oberseite nur eine Schicht chlorophyllführender Palissadenzellen, auf der Unterseite Schwammparenchym, dessen Chlorophyllgehalt dem des Palissadengewebes ungefähr gleichkommt. Das Mesophyll besitzt nur eine sehr geringe Dicke, es misst mit der Epidermis nur etwa 218 bis 250 μ.

Die schlauchförmigen, dünnwandigen Palissadenzellen (Fig. 38) bilden ungefähr die obere Hälfte des Mesophylls und schliessen nicht dicht zusammen, sondern lassen manchmal grosse Lufträume zwischen sich; sehr grosse Intercellularen, Atemhöhlen, bemerken wir unterhalb der Stomata.

Im Schwammparenchym findet man ebenfalls viele grosse Lufträume (Fig. 38). Die dünnwandigen Zellen dieses Parenchyms besitzen manchmal nicht die typische Schwammparenchymgestalt, sondern gleichen vielmehr, insbesondere gegen die Epidermis der Unterseite zu, Palissadenzellen, von welchen dann kleine seitliche Arme ausgehen. Die weiter nach innen zu liegenden Schwammparenchymzellen sind kürzer, von unregelmässiger Gestalt und können in beliebiger Richtung kürzere oder längere Arme aussenden.

Zwischen dem Palissaden- und dem eigentlichen Schwammparenchymgewebe befinden sich bei Folia Hyoscyami, wie bei den anderen offizinellen Solanaceenblättern, Zellen von mehr oder weniger isodiametrischer Form, in welchen die Ausscheidung von Calciumoxalat stattfindet (Kr., Fig. 38); dieses findet sich meist in Form grosser Krystalle, die bei meinem Material eine Maximalgrösse von 20 μ erreichten. Die Krystalle sind meist in Gestalt von Prismen vorhanden, welche oft entweder mit Pyramidenflächen oder mit dem basischen Pinakoid kombiniert sind; Verwachsungen kommen ebenfalls sehr häufig vor. Zuweilen beobachtet man ausserdem grössere oder kleinere Krystallanhäufungen, die sich der Drusenform mehr oder weniger nähern können. Die im Blatte am häufigsten vorkommenden Krystalle sind in die Figur 38 hineingezeichnet. Die Verteilung der Krystalle in den Zellen ist eine unregelmässige; manchmal führt eine Zelle nur einen grossen, bisweilen aber auch mehrere grössere und kleinere, getrennte oder mit einander verwachsene Krystalle. Schliesslich mag erwähnt werden, dass die übrigen offizinellen Solanaceen-Blätter bezüglich der Form ihrer Oxalatausscheidungen im Mesophyll von den Hyoscyamusblättern abweichen. Folia Belladonnae führen Krystallsand, Folia Stramonii hauptsächlich Drusen.

3. Die Blattnerven.

Betrachten wir zunächst den anatomischen Bau des Mittelnervs. Die Epidermiszellen sind schon bei der allgemeinen Besprechung der Blattepidermis behandelt worden. Direkt unterhalb der Epidermis befindet sich ein Kollenchymgewebe (Koll. Fig. 40 und 41) aus Elementen derselben Form und Ausstattung wie bei der Achse. Am kräftigsten ist dieses Gewebe auf der Unterseite des Blattes entwickelt, und wir können hier bei den grössten Blättern bis 4 Zellreihen beobachten. Die Innenseite der Kollenchymzellen sowie die Intercellularen können sich mit einer besonderen Lamelle auskleiden ebenso wie bei der Achse. Eine derartige Lamelle kann ebenfalls bei den Nerven-Parenchymzellen ausgebildet werden. Das Nervenparenchym, welches zu beiden Seiten des Nerven den Raum zwischen dem Kollenchym und den Leitbündeln ausfüllt, wird aus gestreckten, etwa schlauchförmigen, dünnwandigen Zellen gebildet, welche einfache ellipsenförmige quergestellte Tüpfel besitzen. Die äussersten Zellreihen können etwas dickere Wände aufweisen. Zwischen den Nervenparenchymzellen finden sich grosse Lufträume, besonders auf der Oberseite (Lr. Fig. 40 und 41), weshalb der Mittelnerv an dieser Stelle bei der Droge stark zusammengefallen erscheint. Einige von den Nervenparenchymzellen, die jedoch keine besondere Gestalt angenommen haben, enthalten Oxalat-Krystalle und zwar entweder ganz kleine, wie bei der Wurzel (Fig. 9), oder etwas grössere, zuweilen von oktaëdrischer Form. Die Krystalle können entweder in geringerer Anzahl in einer Zelle liegen, oder sie füllen dieselbe vollständig aus. Auch kann Chlorophyll in verschiedener Menge in dem Nervenparenchym auftreten.

Die Leitbündel treten je nach der Grösse der sitzenden Blätter in verschiedener Anzahl aus der Achse in das Blatt ein. Wir finden immer ein grosses medianes Leitbündel und bei den grössten Blättern ausserdem an jeder Seite 2 bis 3, bei kleineren Blättern dagegen nur 1 bis 2 kleine Bündel. Die Anzahl der Bündel der gestielten Blätter wird weiter unten bei dem Blattstiel erwähnt. Die kleinen Leitbündel, welche an den beiden Seiten nicht in derselben Anzahl aufzutreten brauchen, sind alle mehr oder weniger deutlich bicollateral und verschmelzen nach oben zu allmählig eins nach dem anderen mit dem grossen medianen Bündel. Sie besitzen bei den sitzenden Blättern nur je einen Tracheenstrang, bei den grossen gestielten zuweilen deren 2 bis 3 und können ausserhalb der Siebteile vereinzelte Ersatzfasern von der unten näher beschriebenen Art aufweisen. Das mediane Leitbündel (Fig. 46) ist quergeschnitten nierenförmig gebogen mit der konkaven Seite nach oben, mehr oder weniger strahlig gebaut und ebenfalls bicollateral. An beiden Seiten, nicht nur wie von Tschirch angegeben an der Oberseite (Anat. Atl., Pg. 168), finden sich an der Aussenseite der beiden Siebteile Belege von faserförmigen oft grosslumigen Zellen, mit meist ziemlich grossen, rundlichen oder etwas schief gestellten, ellipsenförmigen Tüpfeln. Sie geben mit den gewöhnlichen Holzreagentien keine Färbung, färben sich aber mit Chlorzinkjod intensiv violett, mit Ausnahme der Mittellamelle, die relativ wenig tingiert wird. Eine dünne, mit letztgenanntem Reagens sich braunfärbende Lamelle kleidet wie bei den Kollenchymzellen das Lumen aus. Die Zellen sind lebend und werden am besten als Ersatzfasern bezeichnet. Sie liegen in Gruppen zusammen und sind auf der Oberseite, wo sie sogar manchmal eine zusammenhängende Schicht bilden (Erz. Fig. 46), bedeutend zahlreicher als auf der Unterseite.

Die Siebstränge der Siebteile bilden, wie aus der Figur 46 zu ersehen ist, im Querschnitt isoliert liegende Zellgruppen; seltener verschmelzen mehrere Gruppen mit einander. Die Siebstränge der Unterseite des Leitbündels schliessen sich dem Tracheenteil direkt oder fast unmittelbar an. Diejenigen der Oberseite dagegen verhalten sich in topographischer Beziehung genau wie die inneren Siebstränge der Achse, denen sie ja auch entsprechen. Sie scheinen nämlich bei oberflächlicher Betrachtung erst in grösserer Entfernung von dem Tracheenteil aufzutreten. Indessen finden sich auch hier, wie in der Achse, leicht übersehbare, isoliert liegende Erstlingstracheen, die manchmal ziemlich nahe an den Siebsträngen auftreten (Etr. Fig. 46). Wie in der Achse liegen diese Erstlingstracheen in einem Parenchymgewebe, an welches sich die den Markstrahlen entsprechenden Parenchymstrahlen des Gefässbündels ansetzen (Ps. Fig. 46). Diese Strahlen, die am häufigsten 1 bis 3 Zellen breit sind, sowie das Parenchym des Gefässbündels überhaupt, bestehen aus in der Ebene des Blattes gestreckten unverholzten Zellen, welche in grösserer Menge Chloroplasten führen können.

Die Holzstränge des Leitbündels setzen sich nur aus Tracheen zusammen. Sie verhalten sich, wenn wir von der Oberseite des Bündels ausgehen, in ihrem je nach der Lagerung verschiedenen Bau genau so, wie die Tracheen des inneren Teils des Holzes der Achse von innen nach aussen zu betrachtet, weshalb ich auf die dort gegebene nähere Beschreibung verweise. Nur scheinen hofgetüpfelte Gefässe überhaupt nicht ausgebildet zu werden. Der Mittelnerv tritt an beiden Blattseiten stark hervor, jedoch am meisten auf der Unterseite des Blattes.

Die Nerven erster Ordnung besitzen nur ein bicollaterales, wenig strahlig gebautes Leitbündel von derselben Form, wie sie dasjenige des Mittelnervs aufweist. Der Bau dieser Nerven entspricht sonst vollständig dem des Mittelnerven, nur dass selbstredend alle Gewebeelemente in geringerer Menge vorhanden sind. Auch diese Nerven, sowie diejenigen der nächstfolgenden Ordnung, treten sehr stark hervor. Die kräftigeren Nerven zweiter Ordnung haben ebenfalls ein bicollaterales Leitbündel, welches jedoch nicht mehr die nierenförmige, sondern eine mehr rundliche Form besitzt. Es enthält nur etwa drei Tracheenstränge, welche hauptsächlich aus Spiraltracheen gebildet und durch einreihige Parenchymstrahlen von einander getrennt sind. Die beiden Siebteile enthalten nur je einen Siebstrang. Sie sind immer noch nach aussen zu von Ersatzfasern begleitet, die am zahlreichsten nach der Unterseite des

Blattes zu auftreten, wo der Siebteil in den weiteren Nervenverzweigungen ja auch am längsten erhalten bleibt, wie wir unten sehen werden. Das Nervenparenchym ist ebenfalls noch ziemlich kräftig entwickelt, dagegen finden wir in der Regel schon hier, wie bei den noch höheren Nervenzweigen, kein Kollenchymgewebe mehr unter der Epidermis. Die kräftigeren Nerven dritter Ordnung springen entweder gar nicht oder jedenfalls nur sehr wenig hervor; wir finden höchstens 1 bis 2 Reihen Nervenparenchymzellen. Das Leitbündel ist immer noch bicollateral, besitzt aber nur einen Tracheenstrang, welcher hier, wie bei allen folgenden Nerven, aus lauter Spiraltracheen gebildet wird; auf jeder Seite liegt ein Siebstrang. Der obere Siebteil ist sehr schwach entwickelt und wird nicht von Ersatzfasern begleitet.

Die noch feineren Nerven des Anastomosennetzes haben kollateralen Bau und bestehen nur aus einem Leitbündel, welches sich meistens einfach mitten im Mesophyll befindet und zwar wie gewöhnlich mit seinem Tracheenteil den Palissadenzellen zugekehrt. Ersatzfasern treten, wie zu erwarten ist, nicht auf.

Die freien Nervenendigungen bestehen nur aus Spiraltracheen.

Vergleichen wir den hier geschilderten anatomischen Bau der Nerven des Hyoscyamusblattes mit dem der Nerven der übrigen offizinellen Solanaceenblätter, so bemerken wir eine grosse Uebereinstimmung. Sowohl Fol. Stramonii wie auch Fol. Belladonnae und Fol. Nicotianae besitzen wie Fol. Hyoscyami im Mittelnerv ein grosses, bicollaterales, mehr oder weniger gebogenes Leitbündel, und unterhalb der Epidermis sowohl auf der Ober- wie auf der Unterseite Belege von Kollenchym. Das Nervenparenchym führt hie und da Oxalat, bei Stramonium in Form von Krystallsand und prismatischen Einzelkrystallen (Tschirch. Anat. Atl Pg. 284). Bei den kräftigeren Seitennerven finden wir ebenfalls bicollaterale Leitbündel und zwar, wie bei Hyoscyamus, gewöhnlich bei den Nerven bis zur vierten Ordnung, wo die Leitbündel kollateral werden, indem der obere Siebteil verschwindet. (Arthur Meyer. Drogenkunde II, Pg. 201).

B. Der Blattstiel.

Bei der Besprechung der Morphologie des Blattes haben wir schon gesehen, dass ein Blattstiel ausser bei der zweijährigen Pflanze im ersten Jahre nur noch bei einigen wenigen der untersten Blätter des Hauptsprosses der einjährigen Pflanze ausgebildet wird. Die früher erwähnte Behaarung des Stieles tritt am kräftigsten auf der Unterseite auf. Wir beobachten genau dieselben Haarformen wie bei der Blattspreite, auch stimmen die Grössenverhältnisse der Haare mit den dortigen überein.

Die Flügel des Stieles werden bei den nach den Kotyledonen folgenden, relativ kleinen Erstlingsblättern der beiden Varietäten aus gleichmässig ausgebildeten, abgerundeten Parenchymzellen gebildet, welche reichlich Chlorophyll führen und einige kleine Leitbündel umschliessen. Bei den grossen, gestielten Blättern der Blattrosette der zweijährigen Pflanze dagegen tritt das Parenchym des eigentlichen Blattstieles, welches dem des oben beschriebenen Mittelnerven völlig entspricht, ohne Aenderung seiner Gestalt in den ersten Teil der Flügel ein. Unter der Epidermis besitzen die Flügel dieser Blätter ebenso wie der Stiel selber Kollenchymgewebe, welches so stark entwickelt werden kann, dass es bei kleineren Blättern $^1/_4$, bei grösseren bis $^3/_4$ der Querschnittslänge der Flügel, vom Gipfel bis zum eigentlichen Stiel gerechnet, völlig ausfüllen kann. In den Flügeln aller gestielten Blätter finden wir, je nach der Grösse der ersteren, 1 bis 8 kleine rundliche Leitbündel in jedem Flügel (Fig. 36); Petit (1887, Pg. 343) giebt irrtümlich nur 2 an jeder Seite an. Die grösseren derselben sind bicollateral, mit gewöhnlich nur einem Tracheenstrang, die kleineren kollateral, mit einem Siebteil gegen die morphologische Unterseite zu. Die Siebteile können an der Aussenseite von Ersatzfasern begleitet werden Die allerkleinsten Leitbündel bestehen bisweilen nur aus Tracheen.

Im eigentlichen Stiel treten ebenfalls solche kleine Leitbündel auf, in einer Anzahl von 1 bis 5 an jeder Seite des grossen medianen Gefässbündels (Fig. 36). Vesque (1885, Pg. 301) giebt für

die Solanaceen im allgemeinen ihrer nur 2 für jede Seite an. Es ist zu bemerken, dass die seitlichen Hälften des Stieles bezüglich der Zahl der kleinen Leitbündel nicht symmetrisch zu sein brauchen. Die Form und der Bau der Gefässbündel sowie der sonstige Bau des Stieles ist genau so, wie es bei dem Mittelnerv oben beschrieben wurde. Die Stiele der anderen offizinellen Solanaceen-Blätter verhalten sich ähnlich (Arthur Meyer. Drogenkunde II Pg. 201). Der von Datura Stramonium ist rinnig und enthält ein grosses, hufeisenförmiges, bicollaterales Gefässbündel und 2 kleine seitliche, ebenfalls bicollaterale. Der Stiel von Nicotiana Tabacum besitzt etwa Halbkreisform, führt ein grosses, medianes, nierenförmig gebogenes, bicollaterales Gefässbündel in der Mitte, und an beiden Seiten ein kleines Leitbündel. Sklerotische Fasern können hie und da das grosse Bündel begleiten. Die beiden Stiele gleichen in ihrem weiteren anatomischen Bau völlig den Mittelnerven der betreffenden Blätter, stimmen also in dieser Beziehung mit Fol. Hyoscyami überein. Bei Atropa Belladonna ist zwischen dem Bau des Stieles und dem des Mittelnervs überhaupt kein Unterschied zu verzeichnen.

Der anatomische Bau der Kotyledonen unterscheidet sich nicht wesentlich von dem der soeben beschriebenen Laubblätter, nur fehlen Haare sowie Kollenchymbelege unter der Epidermis der Nerven. Der Blattstiel führt bloss ein medianes, bicollaterales Leitbündel, welches meist nur zwei Tracheenstränge enthält.

VIII. Morphologie und Anatomie der Blüte.

Wir wollen, um einen Ueberblick zu gewinnen, zunächst kurz den morphologischen Aufbau der Blüte skizzieren, indem wir uns dabei der Hauptsache nach den Darstellungen Eichlers (1875, Pg. 203 u. f.) anschliessen und das in Fig. 52 dargestellte Diagramm unserer Beschreibung zu Grunde legen:

Die unangenehm riechenden, ganz kurz gestielten Blüten von Hyoscyamus niger L. entsprechen der Blütenformel K (5) C (5) A (5) G $\underline{(2)}$. Bei einigen Pflanzen der einjährigen Varietät aus dem hiesigen bot. Garten fand ich einzelne Blüten, die anstatt fünf sechs Kelch- und Kronenzipfel sowie sechs Staubblätter besassen; das Gynoeceum dagegen war normal. Bei wildwachsenden Pflanzen habe ich derartige Anomalien nicht beobachtet. Die genetische Folge der Kelchblätter und somit der Anschluss des Kelches an das β-Vorblatt ist, soweit ich aus der Litteratur habe ersehen können, nicht direkt, weder entwicklungsgeschichtlich noch aus der Knospenlage der Kelchblätter, festgestellt worden, dagegen habe ich schon bei der Besprechung der Verzweigungsverhältnisse die Angabe Schumanns (1890, Pg. 307) angeführt, welche besagt, dass er simultane Anlage der Kelchblätter beobachtet hat und also eine Kelchspirale nicht hat verfolgen können. Ich selber bin auf eine embryonal-entwicklungsgeschichtliche Untersuchung der Blüte nicht eingegangen und habe weder in der Stellung der Kelchteile zu einander, noch in der verschiedenen, und zwar offenbar ganz unregelmässig variierenden Grösse derselben in jungen Knospen Anhaltspunkte für die Bestimmung der Folge der Kelchblätter gewinnen können. Die Stellung der Kelchblätter in dem Diagramm ist deshalb nur nach Analogien mit anderen Solanaceenblüten erschlossen; so hat z. B. Payer (1857, Pg. 539) für Nicotiana rustica, Warming (1869, Pg. 59) für Scopolia atropoïdes, Eichler (1869, Pg. 107) für Petunia die $^2/_5$-Spirale des Kelches embryonal-entwicklungsgeschichtlich verfolgt. Letztgenannter Autor giebt in seinem Diagramm von Hyoscyamus albus (1875, Pg. 203) dieselbe Spirale an, spricht sich aber nicht darüber aus, ob er sie in der obigen Weise ermittelt oder nur durch vergleichende Betrachtungen erschlossen hat. Ferner hat Wydler (1851, Pg. 397 und 408; 1857, Pg. 225; 1866, Pg. 516) aus der Kelchdeckung oder der verschiedenen Grösse der Kelchteile in jungen Knospen dieselbe Spirale im Kelche von einigen ausländischen Solanum-Arten, die er nicht hat bestimmen können und ausserdem bei Solanum marginatum, S. citrullifolium, S. Dulcamara, Atropa Belladonna, Sarracha viscosa und Schizanthus erschlossen.

Es ist zu bemerken, dass das zweite Kelchblatt bei den pentameren Solanaceenblüten im allgemeinen median nach hinten fällt, und dass das erste gegen das α- das dritte gegen das β-Vorblatt gestellt ist. Die Präfloration des Kelches ist bei Hyoscyamus niger klappig.

Mit dem Kelche alternierend folgen die fünf Kronenblätter und mit ihnen wiederum abwechselnd die fünf Staubblätter, welche in der Kronenröhre inseriert sind. Die Präfloration der Krone war, wie auch von Schumann (1890, Pg. 317) angegeben, absteigend cochlear; sie soll nach Wydler (1851, Pg. 250) bei Hyoscyamus sehr variieren können; indessen hat er sie ebenfalls oft absteigend beobachtet. Ueber das Zustandekommen der Deckung werde ich weiter unten nähere Angaben machen. Die gamopetale Krone ist vor Sepalum 3 tiefer geschlitzt (im Diagramm angedeutet) und ihre Teile werden von hier aus nach oben zu allmählig ein wenig gefördert; dies in Verbindung mit der Länge der Staubgefässe, die von Sepalum 3 nach der entgegengesetzten Seite successiv abnimmt, wie die Zahlen des Diagramms angeben, bedingt die schräge und unregelmässige Zygomorphie der Hyoscyamus niger Blüte. Unregelmässig ist sie insofern als die Kronenhälften selten genau symmetrisch sind, und zweitens, weil sich das Androeceum, wie aus dem Gesagten hervorgeht, nicht symmetrisch teilen lässt. Die Symmetrie-Ebene führt also durch Sepalum 3, nicht wie der Regel nach bei den zygomorphen Solanaceenblüten durch das erste Sepalum (Eichler 1875, Pg. 203). Die beiden Carpelle stehen hier, wie überhaupt bei den zygomorphen Blüten dieser Familie, in der allgemeinen Symmetrie-Ebene; sie müssen also bei Hyoscyamus eine Abweichung von der Mediane nach der entgegengesetzten Seite zeigen, wie bei den übrigen mit zwei Fruchtblättern versehenen Solanaceenblüten. Wydler (1851, Pg. 250) sucht diese Erscheinung dadurch zu erklären, dass er zunächst zwei dimerische Fruchtblattcyclen als das Normale für die Solanaceae annimmt und in dieser Beziehung Nicotiana quadrivalvis als Typus aufstellt. Es sollte dann bei Hyoscyamus in der Regel nur der äussere, bei den meisten anderen dagegen nur der innere Fruchtblattcyclus ausgebildet werden (1866, Pg. 517). Als Stütze für diese Auffassung giebt er an, es kämen zuweilen bei der Gattung Hyoscyamus auch 3-fächerige Fruchtknoten vor. Eichler (1875, Pg. 206) sagt, nachdem er die eben beschriebene Auffassung erwähnt hat, über die Schrägstellung der dimeren Fruchtblattcyclen der Solanaceen folgendes: „Doch lässt sich auch vorstellen, dass der schrägen Zygomorphie zu Gefallen eine Verschiebung aus ursprünglich medianer Stellung stattgefunden habe, bei den gewöhnlichen Solaneen bis in die Ebene von Sepalum 1, bei Hyoscyamus in die von Sepalum 3. Für letztere (diese) Ansicht könnte geltend gemacht werden, dass, wie wir oben schon erwähnten, bei den fast regulären Blüten von Datura und Cestrum mitunter wirklich Medianstellung oder nur eine geringe Verschiebung aus der Mediane beobachtet wird; doch ist das allerdings nur eine schwache Stütze. Ueberdies müsste die Verschiebung schon in den erzeugenden Geweben vor sich gegangen sein, da, wie wir sahen, die Carpiden gleich bei ihrer Entstehung die Stellung des ausgebildeten Zustands haben, und eine solche Annahme hat ebenfalls ihr Bedenkliches, wenn sie gleich nicht unmöglich wäre. Ich ziehe es unter diesen Umständen vor, die Frage auf sich beruhen zu lassen, und sie späterer Entscheidung anheim zu geben."

Die Placentation des zweifächerigen Fruchtknoten der Hyoscyamus-Blüte ist centralwinkelständig. Ein hypogyner Discus wie bei vielen anderen Solanaceen, z. B. Atropa Belladonna, Nicotiana u. a. gelangt hier nicht zur Ausbildung.

Ueber die Entwicklungs-Geschichte der Hyoscyamus niger Blüte finden wir, soweit ich habe ersehen können, nur bei Schumann einige Angaben. Ich habe schon die von ihm beobachtete Entstehung des Kelches erwähnt. Er sagt (1890, Pg. 317) ferner folgendes: „Hyoscyamus ist eine Pflanze, bei der die Ausbildung der Zygomorphie nach Anlage der Staubgefässe sich entwickelt. Der Kelch, sowie die Blumenblätter und die Staubgefässe werden ganz wie an einer actinomorphen Blüte angelegt. Nachher tritt aber eine Dehnung des Blütenbodens auf in der Richtung der Borragoidachse (Dehnungsquotient d. h. lange durch kurze Axe der Ellipse = 12,5 : 10 — 15 : 11) und zu gleicher

Zeit eine Verbreiterung des nach dem rückwärtigen Ende des Borragoids gelegenen Teiles derselben. Die erwähnten beiden Dehnungserscheinungen haben eine doppelte Wirkung: einmal wird durch die Längsstreckung die Stellung der Carpiden verursacht, welche in den Enden der langen Achse der Ellipse sich ausgliedern, und zweitens wird durch die Verbreiterung des nach dem unteren Ende des Borragoids gerichteten Teiles die Aestivation der Corolle von Hyoscyamus hervorgebracht. Bis zu dem Zeitpunkte, in dem die letzte Dehnung stattfindet, decken die Blumenblätter sich noch nicht. Nun wird das hinterste mit seinen beiden benachbarten Genossen etwas nach aussen gerückt, daher übergreifen die letzten beiden regelmässig die vorderen, das hinterste deckt wieder die benachbarten. Auf diese Weise wird jene regelmässige, von hinten nach vorn absteigende Deckung erzeugt, welche allen Hyoscyamusblüten eigentümlich ist. Die Verbreiterung des Blütenbodens bewirkt ferner, dass das hintere Karpid immer etwas breiter ist als das vordere.“ Diese Differenz in der Carpellgrösse soll nach Schumann auch noch sub anthesi, obwohl nicht sehr ausgeprägt, zu erkennen sein; ich selber habe nur in seltenen Fällen einen schwachen Grössenunterschied bemerken können.

Ich möchte zuletzt nur noch die in der Litteratur vorkommenden Angaben über die bei den verschiedenen Blattformationen der Blüten anderer Solanaceen stattfindende genetische Succession der Glieder kurz referieren, soweit dieselbe nicht schon im Vorhergehenden berücksichtigt worden ist. Bei Nicotiana rustica entstehen nach Payer (1857, Pg. 539) sowohl die Krone wie auch die Staub- und Fruchtblätter simultan. Warming (1869, Pg. 59, 61 und 63) beobachtete bei Scopolia atropoïdes successives Entstehen der Kronenblätter jedoch nicht nach einer bestimmt ausgesprochenen Spirale, sondern in der Richtung von vorn nach hinten. Die Staubgefässe schienen in den meisten Fällen gleichzeitig zu entstehen und zwar mit gleich grossen Primordien; in einigen Fällen waren die hintersten Primordien kleiner als die anderen. Warming nimmt in diesen Fällen eine entsprechende zeitliche Ungleichheit in der Entstehung an. Die Carpelle wurden gleichzeitig angelegt. Bei Petunia entstehen nach Eichler (1869, Pg. 107) die Krone sowie die Fruchtblätter simultan, auch die Staubblätter treten gleichzeitig hervor; ihre spätere Längendifferenz ist gleich bei der Entstehung durch die verschiedene Stärke der Primordien angedeutet.

A. Der Blütenstiel.

Der sehr kurze Blütenstiel ist grün gefärbt und von cylindrischer Form. Er erreicht eine Länge von nur etwa 6 mm, am häufigsten von nur etwa 2 mm; sehr oft bleibt er ganz minimal, so dass die Blüten fast sitzend erscheinen. Der Querdurchmesser beträgt bis 2,5 mm. Bezüglich des anatomischen Baues verhält sich der Stiel im ausgewachsenen Zustande im Princip ganz wie die vorher beschriebene secundär verdickte Achse; ich mache deshalb im Folgenden hauptsächlich auf die beobachteten, ziemlich unwesentlichen Abweichungen aufmerksam. Die Epidermiszellen sind wie bei der Achse flach tafelförmig, aber sehr viel weniger längsgestreckt; die meisten sind von aussen gesehen polygonal und zwar isodiametrisch, einige auch ein Paar Mal so lang als breit. Die Länge beträgt 32 bis 73 μ, die tangentiale Breite 32 bis 73 μ und die radiale Breite 29 bis 51 μ. Der unter der Epidermis liegende Teil der Aussenrinde besteht aus etwa 7 bis 8 Zellschichten, von denen die äusserste wie bei der Achse Chlorophyll führt. Die Zellen sind wie die Epidermiszellen viel weniger längsgestreckt als bei der Achse; meist sind sie von aussen gesehen isodiametrisch oder höchstens 4-mal so lang als breit; sonst verhalten sie sich wie die der Achse. Von den nächstfolgenden Zellreihen werden höchstens zwei bis drei der äussersten als Kollenchym entwickelt. Der übrige Teil der Aussenrinde wird aus einfachem abgerundeten oder tangential gestrecktem Parenchym gebildet. Die äusseren Sklerenchymfasern treten nur ganz vereinzelt auf und liegen meistens einzeln, nicht wie oft bei der Achse in Gruppen zusammen; ähnlich verhalten sich die inneren Sklerenchymfasern, nur habe ich hier ab und zu einzelne, aus höchstens drei Elementen bestehende Gruppen bemerkt. Die sonstige Ausstattung der Fasern ist die gleiche wie bei der Achse. Das innere Leptom tritt nicht, wie der Regel nach bei der Achse in getrennten Inseln

oder Nestern auf, sondern die Gruppen fliessen hier zusammen und bilden eine breite, ringsum fast geschlossene Zone, die die des äusseren Leptoms an Massenentwicklung weit übertrifft. Ein durchweg dünnwandiges Mark, wie bei dünneren Achsen, füllt die Mitte des Stieles aus; nur ausnahmsweise habe ich eine Markhöhle wie bei der Achse vorgefunden.

B. Der Kelch.

Wir müssen bei dem bleibenden Kelch von Hyoscyamus zwei verschiedene Zustände auseinander halten, erstens denjenigen, in welchem er sich befindet, wenn die Blüte befruchtungsreif ist, und zweitens denjenigen, in welchem er sich bei der Fruchtreife befindet. Im ersteren Zustande hat er den Höhepunkt der Entwicklung als Schutzorgan der Blüte erreicht, im zweiten Zustande dagegen bildet er ein Anhängsel der Frucht (im Sinne Arthur Meyers c. f. Drogenkunde II Pg. 352), indem er der an der Basis dünnbleibenden Kapsel von Hyoscyamus als Stütze dient. An der völlig entwickelten Blüte ist der grüngefärbte, gamosepale Kelch glockenförmig, mit fünf aufrechten spitzen, etwa dreieckigen, gleichgrossen Zipfeln (Fig. 53 und 54), und erreicht eine Länge von höchstens 2 cm. Er setzt nach der Befruchtung der Blüte längere Zeit sein Wachstum fort und umschliesst und überragt bei der Fruchtreife die Frucht. Er erweitert sich dabei bedeutend an seinem unteren Teil, nimmt eine mehr krugförmige Gestalt an und erreicht eine Grösse bis zu 3 cm. Der Kelch wird im Laufe seines Wachsthums allmählig steifer und steifer, trocknet zuletzt stark ein, und die Zipfel erscheinen nun stachelspitzig. Die Aussenseite des Kelches ist infolge der sehr starken Behaarung weiss-filzig.

1. Die Nervatur des Kelches.

Dieselbe ist schon an der befruchtungsreifen Blüte fertig entwickelt. Es treten in der Regel zehn kräftigere Nerven in den Kelch ein, und ausserdem zwischen je zwei von diesen kräftigeren einige schwächere in verschiedener Anzahl, gewöhnlich drei. Von den kräftigeren Nerven verlaufen fünf in gerader Linie bis zur äussersten Spitze der fünf Zipfel, jeder bildet also den Mittelnerv eines Kelchblattes. Die anderen fünf ziehen ebenfalls beinahe durch den ganzen Kelch an der seitlichen Grenze der einzelnen Kelchblätter, also in der Richtung nach der Mitte der oberen Einbuchtungen; sie teilen sich ein kleines Stückchen vom Rande entfernt gabelig und schicken nach rechts und links einen Zweig aus, der in je einen Zipfel hineintritt, hier wiederum nicht weit vom Rande verläuft und sich kurz unterhalb der Spitze des Zipfels mit dem Mittelnerv des betreffenden Blattes vereinigt. Von den schwächeren Nerven ist gewöhnlich einer, der mittlere, der kräftigste und längste; er durchläuft etwa $^3/_4$ des Kelchblattes, die übrigen seitwärts zu ihm gelegenen etwa $^1/_4$ bis $^1/_3$ desselben. Sie können nun alle in ihrem unteren Teil ziemlich lange aufwärts strebende Zweige erster Ordnung ausschicken, und solche können ebenfalls von den genannten kräftigsten Nerven ausgehen. Diese langen, unteren Zweige bilden nach den Seiten zu keine Anastomosen aus. Erst kurz bevor die seitlichen der oben erwähnten schwächeren Primärnerven enden, also etwa $^2/_3$ bis $^3/_4$ der Kelchlänge vom oberen Kelchrande entfernt, fangen seitliche Anastomosen an. Wir finden nun nach oben zu ein vollständiges Maschennetz mit in den Maschen frei endigenden Nervenenden, genau wie wir es bei dem Laubblatte gesehen haben. Am Rande der Zipfel bilden sich ebenfalls Netzmaschen aus, dagegen habe ich nur äusserst selten freiendigende von der Aussenseite dieser Maschen ausgehende Nervenzweige beobachtet, was ja beim Laubblatte eine sehr häufige Erscheinung ist.

2. Die Epidermis.

Bei der befruchtungsreifen Blüte besteht die Epidermis der Ober- und Unterseite aus flachtafelförmigen Zellen, die ungefähr an den obersten zwei Dritteln des Kelches stark wellig gebogene Seitenwände besitzen, weiter nach unten zu dagegen allmählig geradwandiger werden und 4- bis 6-seitig erscheinen. Die Zellen sind von der Fläche gesehen entweder isodiametrisch oder nach einer Richtung

gestreckt; über und in der Nähe der kräftigeren Nerven geschieht die Streckung nach der Längsachse. Die Aussenwände sind ziemlich stark verdickt, auch die Innenwände können sich über den kräftigeren Nerven etwas verdicken. Die Wände geben Cellulosereaktion, selbstredend mit Ausnahme der glatten Kutikula, die hier wie überall die Reaktionen cutinisirter Lamellen zeigt. Der Durchmesser der von der Fläche etwa isodiametrischen Zellen variiert am häufigsten zwischen 36 und 109 μ, ihre Tiefe von 18—42 μ. Im Laufe des späteren Wachstums des Kelches verändern sich die Epidermiszellen nur wenig; sie sind bei der Fruchtreife an der ganzen Kelchinnenseite mit gewellten Seitenwänden versehen und dabei am untersten Drittel derselben Seite längsgestreckt; ferner verdicken sich auf der Unterseite der ganzen unteren Hälfte des Kelches die Seitenwände; diese Wände sowie die Innenwände können grosse ellipsenförmige Tüpfel ausbilden; sonst sind die Zellen ganz so gebaut, wie es oben beschrieben wurde. Wir finden auf beiden Seiten Stomata und Haare in die Epidermis eingeschaltet; der Bau der ersteren entspricht völlig dem der Stomata der Laubblätter. Die Haare verhalten sich in den beiden Stadien des Kelches in den meisten Punkten gleich. Sowohl auf der Aussenseite wie auf der Innenseite ist der Kelch behaart, auf der Aussenseite über die ganze Fläche, vorzüglich jedoch an der unteren Kelchhälfte; auf der Innenseite ist eine untere kleine Partie völlig unbehaart, nach oben zu treten Haare allmählig reichlicher auf, ohne dass jedoch die Behaarung die Dichtigkeit wie auf der Aussenseite erreicht. Die gewöhnlichen beiden Hyoscyamus-Haarformen kommen zugleich vor. Die einfachen Haare scheinen auf der Innenseite an Anzahl zu überwiegen; sie erscheinen relativ kurz und kaum mehr als 3—4zellig. Sub anthesi varriiert die Länge von 40 bis 183 μ, die basale Breite von 20 bis 40 μ. Bei der Fruchtreife schwankt die Länge zwischen 60 und 495 μ, meist übersteigt sie nicht 160 μ; die basale Breite varriiert zwischen 20 und 55 μ. Von den meist sehr langgestielten Drüsenhaaren besitzen ganz vereinzelte sub anthesi mehrere Basalzellen, im Gegensatz zu denen der Achse und des Laubblattes. Bei der Fruchtreife dagegen ist dies eine ganz allgemeine Erscheinung; ich habe bis 8 Basalzellen vorgefunden, welche von aussen gesehen völlig den umgebenden Epidermiszellen gleichen. Die Länge der Drüsenhaare variiert bei der befruchtungsreifen Blüte zwischen 285 und 4000 μ, die basale Breite meist zwischen 35 und 114 μ; bei der Fruchtreife liegt die Länge der meisten Haare zwischen 800 und 4000 μ, die basale Breite zwischen 75 und 165 μ. Im Übrigen ist der anatomische Bau der Haare derselbe wie beim Laubblatte.

3. Das Mesophyll.

In der oberen Hälfte des Kelches besteht das Mesophyll bei der befruchtungsreifen Blüte aus einer gegen die Oberseite zu gelegenen Reihe dünnwandiger schlauchförmiger Palissadenzellen, die senkrecht zur Blattfläche stark gestreckt sind und ziemlich grosse Lufträume zwischen sich lassen. Sie reichen ungefähr bis zur Mitte des Kelchquerschnittes und schliessen sich entweder mit einer fast kreisrunden oder mehr fussförmigen Endfläche der Epidermis an. Auf der Unterseite finden wir etwa 2—4 Zelllagen ebenfalls dünnwandiger Schwammparenchymzellen, die sehr locker verbunden sind. Die Schwammparenchymzellen sind manchmal, wie diejenigen des Laubblattes, in derselben Richtung wie die Palissadenzellen gestreckt, sehr oft aber senden sie auch in ganz beliebiger Richtung kürzere oder längere Arme aus. Der Uebergang vom Schwammparenchym zum Palissadengewebe geschieht wie beim Laubblatte durch eine oder zwei Zelllagen mehr abgerundeter Parenchymzellen, die hier wie dort sehr oft Oxalat führen; dasselbe ist meist wohl in Form von Drusen oder mehr unregelmässigen Krystallaggregaten vorhanden, kann aber auch die anderen beim Laubblatte erwähnten Formen annehmen. Das ganze Mesophyll führt grosse Mengen von Chloroplasten. Nach unten zu geht am Kelche allmählig das Palissadengewebe der Oberseite in Schwammparenchym über, dessen Zellen parallel zur Blattfläche stark gestreckt erscheinen; eine ähnliche Form nimmt nach und nach das Schwammparenchym der Unterseite an, nur sind die Zellen viel weniger gestreckt und das Gewebe bei weitem nicht so locker gebaut als dasjenige der Oberseite. Bei der Fruchtreife treten prinzipielle Aenderungen im hier geschilderten Baue des Mesophylls nicht auf; die Elemente scheinen sich nur vergrössert zu haben.

4. Die Nerven.

Wir werden zunächst den anatomischen Bau des Mittelnerven des Kelchblattes der befruchtungsreifen Blüte betrachten. Der Mittelnerv tritt ebenso wie die übrigen kräftigen Nerven am oberen Kelchteil auf der Unterseite etwas hervor und führt nur ein relativ grosses, bicollaterales Leitbündel von rundlichem Querschnitt. Sein Holzteil ist besonders stark entwickelt; von fertig ausgebildeten Tracheen zeigt ein Querschnitt jedoch höchstens 5—6 kleine Gruppen gegen die Oberseite hin, jede aus 1—6 ziemlich schwach verholzten Spiraltracheen bestehend. Der ganze übrige Teil des Holzteils wird aus faserförmigen Zellen gebildet, welche ihre definitive Ausbildung noch nicht erreicht haben; auf dem Querschnitte liegen sie in unregelmässigen Reihen, sind zartwandig und zeigen noch gar keine Verholzung. Die Siebteile der Ober- und Unterseite des Nerven bestehen aus je 3—5 isoliert liegenden Siebsträngen, wovon jeder aus etwa 4—10 Elementen gebildet wird. Die Siebteile nehmen im Vergleich zum Holzteil nur einen sehr geringen Raum ein. Zu beiden Seiten wird das Leitbündel gegen das Mesophyll von einer Reihe dünnwandiger, senkrecht zur Längsachse des Bündels gestreckter Parenchymzellen abgegrenzt. Zwischen den Siebsträngen, und ausserdem nach der Ober- und Unterseite zu, den ganzen Raum bis zur Blattepidermis ausfüllend, finden wir 2—6 Reihen schlauchförmiger, längsgestreckter Nervenparenchymzellen. Der Bau der Epidermiszellen ist schon oben beschrieben worden. Betrachten wir jetzt den Bau des Mittelnerven des Kelchblattes im zweiten Stadium des Kelches, nämlich bei der Fruchtreife, so bemerken wir folgende Veränderungen: Die Tracheengruppen bestehen jetzt aus 5—12 Elementen, von welchen nun einige netzförmig, hauptsächlich treppenförmig verdickt erscheinen (Fig. 11); die Weite derselben betrug 6,6—15 μ, die Länge der Gefässglieder war wie bei der Wurzel 90—345 μ. Die faserförmigen Zellen haben die definitive Gestalt echter Sklerenchymfasern angenommen und zeigen intensive Verholzung. Sie besitzen dieselben Formen wie diejenigen der Wurzel (Fig. 13a, b, c, d); ihre Tüpfel sind meist ziemlich gross, rundlich oder elliptisch, seltener schmal spaltenförmig. Die Weite der Fasern betrug 5—25 μ, die Länge 109—855 μ und die Wanddicke 3—4 μ. Auf der Unterseite des Holzes finden wir oft die äussersten Reihen der faserförmigen Zellen unverdickt und unverholzt. Den in den verschiedenen Kelchstadien oben geschilderten Aufbau besitzt die Hauptmenge der Nerven, nur dass selbstredend bei kleineren Nerven die verschiedenen Gewebe in geringerer Menge auftreten. Ueberall aber ist der Holzteil stark entwickelt, vor allem die aus faserförmigen Zellen bestehende Partie desselben, und gerade der grossen Menge verdickter Sklerenchymfasern verdankt der Kelch seine bei der Fruchtreife steife Beschaffenheit sowie die früher erwähnten Stachelspitzen der fünf Zipfel, denn diese werden ganz oben nur aus dem von der Epidermis überzogenen Leitbündel gebildet. In der unteren Hälfte des Kelches sind die Nerven so dicht neben einander gelagert, dass am ausgewachsenen Kelche sich die Sklerenchymfasern der verschiedenen Nerven an vielen Stellen nach den Seiten hin berühren. Bei den feinsten Nerven des Anastomosennetzes kann der obere Siebteil verschwinden. Derartige feine Nervenzweige liegen einfach mitten im Mesophyll und bestehen nur aus äusserst wenigen Siebelementen und Tracheen; aber auch hier bilden immer noch die Sklerenchymfasern die Hauptmenge des Holzes.

C. Die Krone.

Die gamopetale Krone (Fig. 55) ist trichterförmig, die Kronenröhre nach unten zu etwas spitz zulaufend, nach oben zu sich allmählig erweiternd. Der Saum besitzt fünf stumpfe Zipfel, die am Rande meist in der Mitte schwach eingeschnitten erscheinen; zuweilen zeigt auch nur der hintere, in die Symmetrieebene fallende Zipfel einen derartigen Einschnitt. Die Krone erscheint an der Aussenseite relativ schwach behaart und besitzt an dem sichtbaren oberen Teil eine mattgelbe Färbung mit violetten Adern; der Schlund ist fast gleichmässig violett gefärbt. Ueber die Verteilung des Farbstoffes wird weiter unten Näheres mitgeteilt werden.

1. Die Nervatur der Krone.

Die Nervatur lässt sich an frischem Material bequem studieren, wenn man die Krone vorher dadurch durchsichtig macht, dass man in einer teilweise mit Wasser gefüllten Flasche, welche mit der Wasserluftpumpe in Verbindung steht, Wasser in sie hineinsaugt und sie dann in Chloralhydrat beobachtet. Es treten an der Insertionsstelle in die Kronenröhre im ganzen 10 Leitbündel ein, von welchen 5 in die Staubgefässe gelangen. Von den übrigen 5 bildet jedes den Mittelnerv eines Kronenblattes und zieht, wie Fig. 61 zeigt, durch dasselbe hindurch bis ungefähr zu dessen Gipfel. Kurz nachdem der Mittelnerv in das Blatt hineingetreten ist, gehen zwei lange seitliche Zweige erster Ordnung von demselben ab und laufen nach oben zu durch etwa $^4/_5$ des Blattes, indem sie sich mehr und mehr vom Mittelnerv entfernen. Sie vereinigen sich oben schliesslich je mit einem anderen, vom Mittelnerv ausgehenden, aufwärts strebenden Zweig erster Ordnung. Der dadurch abgegrenzte Raum, in dessen Mitte also der Mittelnerv liegt, wird von einem feinen Anastomosennetz ausgefüllt. Weiter nach oben zu sehen wir ebenfalls Zweige erster Ordnung vom Mittelnerv ausgehen, welche durch ihre weiteren Verzweigungen ebenfalls ein Maschennetz ausbilden. Am freien Rande des Zipfels sowie in den einzelnen Maschen beobachtet man viele freiendigende Nervenzweige, die am Rande sich zuletzt sehr oft gabelig teilen. Die oben erwähnten zwei langen, $^4/_5$ des Blattes durchziehenden Zweige erster Ordnung verhalten sich nach den Seiten zu etwas verschieden in ihrem oberen und unteren Teil. Nach unten zu senden sie in ungefähr $^1/_3$ ihrer Länge gar keine Zweige aus, weiter nach oben zu dagegen bildet sich, ganz wie vorher besprochen, ein vollständiges Anastomosennetz aus. Dasselbe bildet den seitlichen Uebergang zum nächsten Kronenblatt.

2. Die Färbung der Krone.

In der Krone treten zweierlei Farbstoffe auf, ein rotvioletter und ein gelber. Etwa die untere Hälfte der Kronenröhre ist vollkommen farblos, die andere Hälfte mit dem Schlunde erscheint dagegen intensiv rotviolett gefärbt, jedoch mit allmählichem Uebergang in die farblose Partie. Der rotviolette Farbstoff ist überall, wo er in der Krone auftritt, im Zellsaft gelöst; wir finden ihn hier sowohl in der Epidermis als auch in den Mesophyllzellen. Am Saum treten die beiden genannten Farbstoffe auf, den rotvioletten beobachtet man nur in den Mesophyllzellen, den gelben dagegen sowohl hier als auch in der Epidermis und zwar ausschliesslich an Chromoplasten gebunden. Dieselben sind von rundlicher Form, sehr empfindlich und leicht zerstörbar. Man beobachtet sie am besten an vorsichtig ausgeführten Flächenschnitten, die man sofort in 5% Zuckerlösung hineinlegt, oder man behandelt zuerst die Krone unter der Wasserluftpumpe, wie oben bei der Nervatur beschrieben wurde und beobachtet dann direkt. Der rotviolette Farbstoff folgt am Saume den Leitbündeln und ihren nächst benachbarten Regionen, wodurch die scharf hervortretende violette Aderung des Saumes zu stande kommt. Nur über dem Mittelnerv des einzelnen Blattes ist er ziemlich sparsam vorhanden, der gelbe aber tritt hier in um so reichlicherer Menge auf.

3. Die Epidermis.

Die nachfolgenden Erläuterungen gelten, wenn etwas anders nicht ausdrücklich gesagt wird, für beide Blattepidermen, die sich in den meisten Punkten ganz gleich verhalten. Die Epidermiszellen besitzen von der Fläche gesehen eine sehr verschiedene Form. Die ungleich grossen Ansprüche, die in den verschiedenen Teilen der Krone an die Epidermis in Bezug auf Festigkeit gestellt werden müssen, sind für die Form massgebend. An der untersten farblosen Partie der Kronenröhre sind die Zellen von der Fläche meist 4- bis 5-eckig, dabei isodiametrisch, einige auch etwas längsgestreckt. Die Seitenwände sind gerade, nicht wie weiter oben gebogen, weil die relativ vielen kräftigen Nerven hier der Krone die nötige Festigkeit gewähren. Die nach oben zu folgenden Zellen in der Region, in welcher der rotviolette Farbstoff gerade anfängt aufzutreten, sind mehr längsgestreckt meist viereckig. An der vollständig rotviolett gefärbten Partie sind die Epidermiszellen von der Fläche häufigst 5- bis 6-eckig,

isodiametrisch, mit geraden, nur ganz selten mit gebogenen Seitenwänden. Gleich am Anfang des Saumes dagegen fangen schon die Epidermiszellen an gebogene Seitenwände zu bekommen, und nehmen nun nach oben zu sehr rasch die Gestalt der in Figur 47 dargestellten Zellen an. Diejenigen Epidermiszellen, welche grade über und neben dem Mittelnerv des einzelnen Blattes und den beiden oben erwähnten kräftigsten von ihm ausgehenden Zweigen erster Ordnung liegen, sind gleich vom Blattgrunde aus stark längsgestreckt, bis 5- bis 6-Mal so lang wie breit, dabei gradwandig. Während diese Nerven nach oben zu etwas schwächer werden, gehen die Epidermiszellen mehr und mehr in die isodiametrische Form über, die Wände fangen an sich zu biegen, und schliesslich nehmen die Zellen über etwa dem obersten $^1/_5$ bis $^1/_4$ des Verlaufs der Nerven die typische Gestalt der Epidermiszellen an (Fig. 47). Die über den Nerven gelegenen gestreckten Zellen enthalten reichliche Mengen kleiner Stärkekörner. Ueber den übrigen Nerven nehmen die Epidermiszellen nirgends eine besondere Gestalt an. Die in Figur 47 dargestellten mehrmals erwähnten Epidermiszellen besitzen gebogene mit Leisten versehene Seitenwände, deren Kontur vorwiegend aus gebrochenen Linien gebildet wird; nur ab und zu treffen wir mehr wellig gebogene Wandpartien. Die Seitenwände haben nicht von Anfang an ihre gebogene Kontur. Bei jungen Kronenblättern finden wir überall nur Epidermiszellen mit graden Wänden. Die Aussen- und Innenwand ist etwas vorgewölbt, nach aussen bezw. nach innen zu, und die Aussenwand dabei etwas verdickt und von einer dünnen glatten Kutikula überzogen. Die Höhe der Zellen ist ungefähr der Breite gleich; erstere variierte zwischen 22 bis 33 μ, letztere zwischen 20 bis 40 μ. Die Wände geben Cellulosereaktion. Die Leisten (Rippen) der Seitenwände, welche ja häufig bei zarten Blumenblättern auftreten (Haberlandt 1896, Pg. 103), sitzen immer an den einspringenden Winkeln wie es bei Zellen mit gebrochenem Umriss die Regel ist (Koschennikow 1885, Pg. 815). Wir finden an beiden Epidermen Vorsprünge der Seitenwände, die manchmal nur als Pünktchen hervortreten, am häufigsten aber weiter in das Zelllumen hineinragen (Fig. 47) und oft am oberen Ende etwas erweitert erscheinen. Sie reichen nach oben und unten zu von der Aussenwand bis zur Innenwand. Lässt man die Epidermiszellen quellen, z. B. mit Chloralhydrat, so spalten sich oft die Leisten, wie es die Figur 48 zeigt. Es könnte dies darauf deuten, dass die Leisten als eine Art Wandfalten zu betrachten wären, an deren Bildung aber dann nur die eine Membranhälfte zweier benachbarter Zellen teilnimmt. Hiller (1884), der eingehendere Untersuchungen über die genannte Rippenbildung ausgeführt hat, lässt es unklar, ob appositionelles lokales Dickenwachstum an einem Punkte der Membran die Entstehung massiver Rippen verursacht, oder ob intussusceptionelles Wachstum auf einer Reihe von Membranpunkten wirkliche Membranfalten bildet.

Wie am Kelch finden sich auch hier in der Epidermis Stomata und Haare. Ganz unten an der Kronenröhre treten keine Stomata auf. Weiter nach oben zu, ungefähr wo die zwei ersten grossen Zweige erster Ordnung vom Mittelnerv abgehen, können wir an beiden Blattseiten manchmal schon Stomata auffinden, wie es scheint vorzugsweise in der Nähe der Nerven. Sie treten jedoch nur äusserst sparsam auf und sind hier, wie überhaupt an der Krone, vollständig unregelmässig verteilt. Relativ am zahlreichsten sind sie an dem obersten Teil der Zipfel, hauptsächlich in der Nähe des Mittelnerven und seiner obersten Verzweigungen zu finden, jedoch ist ihre absolute Menge auch hier nur gering. In dem Raum zwischen den beiden letzten Nerven erster Ordnung, also sehr dicht am Blattrande, habe ich Stomata bis zu einer Anzahl von 33 auf einem □mm gefunden, eine Zahl, die am Kronenblatte sonst nirgends auch nur annähernd erreicht wird. Die Maximalgrösse der Stomata ist gleich jener bei den Laubblättern, die Minimalgrösse etwas geringer; die Länge schwankt zwischen 25 und 43 μ, die Breite zwischen 18 und 33 μ. Die Zahl der Nebenzellen, die übrigens den umgebenden Epidermiszellen gleichen, fand ich variierend von 3—6. Sonst sind die Stomata ganz wie diejenigen der Laubblätter gebaut. Es sollte nach Hoch (1886, Pg. 58) die Krone bei Hyoscyamus niger vollständig kahl sein; indessen ist dies keineswegs der Fall. Es treten allerdings auf der Oberseite keine Haare auf, auf der

Unterseite dagegen findet man die beiden gewöhnlichen Hyoscyamus-Haarformen (Fig. 44 und 45). Ungefähr das unterste Drittel der Kronenröhre ist unbehaart; nach oben zu fangen dann die Haare an, zunächst in sehr sparsamer Anzahl, allmählig aber reichlicher. In grösster Menge findet man sie über den Nerven und in deren Nähe, vorzüglich in der Nähe der Mittelnerven der Kronenblätter, wo ich im Maximum 10 bis 16 auf einen □mm gezählt habe. Die Drüsenhaare scheinen überall die anderen an Anzahl zu übertreffen. Sie sind ziemlich kurz gestielt, der Stiel meist nur 2- bis 3-zellig; die Anzahl der Basalzellen war drei bis vier. Die einfachen Haare waren meist nicht mehr als 3-zellig und besassen nirgends mehr als eine Basalzelle. Im Uebrigen ist der anatomische Bau der Haare derselbe wie bei den Haaren des Laubblattes. Die Länge der einfachen Haare war 36 bis 218 μ, die meisten jedoch erreichten nicht über 95 μ; die basale Breite variierte von 18 bis 51 μ. Die Länge der Drüsenhaare war am häufigsten 55 bis 328 μ, ihre basale Breite schwankte zwischen 19 und 87 μ.

4. Das Mesophyll.

Ueberall habe ich das Mesophyll an beiden Blattseiten ganz gleichartig ausgebildet vorgefunden. Es besteht durchweg aus vier Schichten dünnwandiger Schwammparenchymzellen. Die Zellen senden am Saum und obersten Teil der Kronenröhre regellos nach verschiedenen Seiten kürzere und längere Arme aus; das Gewebe ist hier sehr reichlich durchlüftet. An etwa $^2/_3$ der Kronenröhre dagegen ist die Durchlüftung sehr viel geringer, die Zellen sind stark in longitudinaler Richtung gestreckt und nur mit kurzen seitlichen Armen versehen, welche sogar an dem untersten Teil des Kronenblattes vollständig verschwinden können. Die Zellen erscheinen dann von der Fläche gesehen viereckig mit ungefähr graden Wänden. Die Länge übersteigt manchmal die Breite um das 6- bis 7-fache. Die Mesophyllzellen führen, besonders in der Nähe der Nerven, ziemlich reichliche Mengen ganz kleiner Stärkekörner.

5. Die Nerven.

Von den Nerven treten der Mittelnerv, die beiden untersten langen Nerven erster Ordnung, sowie der in das Filament eintretende Nerv etwas auf der Unterseite eines jeden Kronenblattes hervor. Das Leitbündel des Mittelnervs ist bicollateral gebaut und von rundlichem Querschnitt. Der Holzteil führt 3 bis 4 Tracheengruppen, die aus je 1 bis 4 verholzten Spiraltracheen bestehen. Diese Gruppen sind auf dem Querschnitte ungefähr in einer Ebene parallel zur Blattoberfläche gelagert. Die Siebelemente der beiden Siebteile liegen in Gruppen zusammen, meistens auf jeder Seite in derselben Anzahl wie die der Tracheen; es können jedoch auch mehrere mit einander verschmelzen. Die einzelnen Gruppen bestehen aus 5 bis 10 Elementen und werden durch 1 bis 3 Reihen Parenchym von den Holzsträngen getrennt. Nach den Seiten zu trennen 1 bis 3 Reihen gestreckter Parenchymzellen die einzelnen Stränge des Leitbündels von einander. Das Nervenparenchym, das ringsum das Leitbündel umgiebt, wird auf der Unterseite aus 5 bis 6, auf der Oberseite gewöhnlich nur aus 2 bis 3 und nach den Seiten zu aus 3 bis 4 Reihen dünnwandiger, schlauchförmiger Parenchymzellen gebildet, die in den innersten Schichten ziemlich englumig, im übrigen grosslumig mit grossen Intercellularen sind. Sie besitzen ihre grösste Ausdehnung in longitudinaler Richtung, manchmal sind sie 5- bis 6-mal so lang als breit. Die Epidermis der Nerven ist schon weiter oben näher berücksichtigt worden.

Der Bau des in das Filament eintretenden Nerven entspricht im Prinzip dem des Mittelnerven, nur ist das Leitbündel ein wenig kräftiger. Man findet im Holzteil bis 7 Tracheenstränge, die aus je 1 bis 5 Spiraltracheen bestehen; der Holzteil hat sich etwas bogenförmig mit der konkaven Seite nach oben gekrümmt. In den beiden Siebteilen liegen manchmal im Ganzen 9 bis 12 Siebstränge. Von den übrigen Nerven besitzen jedenfalls die beiden genannten über der Blattfläche hervortretenden, vom Mittelnerv abgehenden Nerven erster Ordnung ebenfalls deutlich bicollateralen Bau; auch der sonstige Bau entspricht völlig dem des Mittelnerven, nur dass alle Elemente in geringerer Zahl auftreten.

Bei feineren Nerven finden wir kollateralen Bau. Derartige Nerven führen von Siebelementen und Tracheen nur wenige, etwa 2 bis 5. Die Tracheen sind, wie überhaupt im Kronenblatt, lauter Spiraltracheen. Das Leitbündel wird von ein Paar Reihen relativ englumiger, gestreckter Parenchymzellen mit ganz kleinen Intercellularen umgeben. Die feinsten Nervenzweige bestehen nur aus Spiraltracheen, sogar oft nur aus einer einzigen, umgeben von wenig ziemlich dicht schliessendem Parenchym.

D. Die Staubblätter.

Das freiblätterige Androeceum besteht aus 5 Stamina, die mit den Kronenblättern alternieren und, wie gesagt, in der Kronenröhre inseriert sind (Fig. 55). Die Stamina sind alle fruchtbar. Das Filament besitzt bei den drei längeren Staubgefässen eine Maximallänge von ungefähr 1,5 cm, bei den kürzeren (1 und 2 Fig. 52) eine solche von wenig über 1 cm; es erscheint quergeschnitten von runder Form und verjüngt sich allmählig nach oben zu (Fig. 56 f.). Etwa das unterste Drittel des Filaments ist behaart. Die Antheren haben eine Länge von 3 bis 5 mm; der grösste Querdurchmesser beträgt etwa 2 mm. Ihr Konnektiv (c. Fig. 56) tritt auf der Rückenseite der Anthere hervor. Es ist unten verbreitert und läuft nach oben spitz zu. An dem verbreiterten Teil ist das Filament inseriert. Die Antheren sind wie bei den übrigen Solanaceen intrors (Eichler 1875, Pg. 204). Die Pollensäcke sind wie gewöhnlich paarweise einander genähert; die so entstandenen beiden Thecae (p. Fig. 56) haben die Form eines nach der Längsachse des Staubblattes gestreckten, an beiden Enden etwas spitz zulaufenden Wulstes; dieser schwachen Verjüngung der Thecae wegen erscheint die Anthere oben und unten etwas ausgerandet. Die Antheren sind intensiv rotviolett gefärbt, das Konnektiv jedoch etwas schwächer als die Thecae; nur diejenigen Stellen, wo sich die Anthere öffnet, sind durch zwei farblose, schmale Längsstreifen markiert. Den rotvioletten Farbstoff, der im Zellsafte gelöst ist, sehen wir in der ganzen Wand auftreten. Zerstreut auf dem Filament kann man ebenfalls ab und zu ganz geringe Farbstoffmengen in der Epidermis finden, der Regel nach ist aber das Filament farblos. Die Anthere springt durch zwei Längsspalten auf, welche je zwei Pollensäcke öffnen und der gemeinsamen Scheidewand derselben folgen.

Ueber die Verstäubungsfolge der Antheren finden sich bei Wydler (1851, Pg. 245 und 250) folgende Angaben: „Die Verstäubung schreitet einseitig, zickzackförmig zu beiden Seiten der symmetrischen Teilungsebene der Blüthe fort“ und ist dabei „absteigend“, d. h. erfolgt von hinten nach vorn, genau in derselben Ordnung, wie die Länge der Stamina zunimmt. Sie geschieht also in der von den Zahlen des Diagramms Figur 52 angegebenen Ordnung; das kürzeste Staubblatt stäubt zuerst, nicht wie sonst allgemein bei den Solanaceen das längste zuerst (Eichler 1875, Pg. 204). Ich mache jedoch auf die folgende Bemerkung von Wydler (1866, Pg. 518) aufmerksam: „Die Verstäubungsfolge bei den Solaneen ist manchen Veränderungen unterworfen, die von äusseren Verhältnissen (Wärme etc.) abhängen mögen.“

I. Anatomie des Filaments.

Den Bau der in die Staubblätter eintretenden Leitbündel, soweit sie in der Kronenröhre verlaufen, haben wir schon Pg. 50 kennen gelernt. Nachdem sie in die Stamina hinübergetreten sind, verändern sie sich nur insofern, als sich der Holzteil mehr und mehr krümmt, ohne dass neue Elemente hinzukommen, so dass die Tracheen sehr bald einen vollständigen, lockeren Ring bilden, welcher in seiner Mitte höchstens drei bis vier Lagen gestreckter Parenchymzellen umschliesst. Rings um den Tracheenring herum liegen die Siebstränge. Das ganze Leitbündel liegt mitten im Filament. Zwischen Leitbündel und Epidermis liegen auf dem Querschnitte etwa zehn Lagen schlauchförmiger, mit meist geraden Querwänden versehener, höchstens 60 μ breiter Parenchymzellen, deren Länge die Breite 4- bis 8-mal übertrifft. Zwischen den Zellen befinden sich grosse, senkrecht verlaufende, und kleine, wagerecht verlaufende Intercellularen. Die Epidermis wird aus gestreckten Zellen gebildet, die bis 6- oder 8-mal so lang und 1,5- bis 2,5-mal so hoch als breit sind. Von der Fläche erscheinen sie meist

viereckig, mit geraden Wänden; bei einzelnen sind die langen Seitenwände schwach wellig gebogen. Einige Zellen besitzen meisselförmig zugeschärfte oder zugespitze Enden. Die Seiten- und Innenwände der Epidermiszellen sind dünn, die letzteren dabei schwach nach innen vorgewölbt. Die Aussenwände sind etwas verdickt, ebenfalls vorgewölbt und mit einer glatten Kutikula versehen. Relativ grosse Plasmamengen erfüllen die Epidermiszellen.

Wir finden auf dem Filament die beiden gewöhnlichen Hyoscyamus-Haarformen; die meisten sind jedoch secernierende Haare. Sehr oft beobachten wir an den ausgewachsenen Stamina Drüsenhaare, deren Köpfchen nur durch Transversalwände geteilt sind. Die Basalzellen der Haare erscheinen von der Fläche gesehen bedeutend breiter als die umgebenden Epidermiszellen. Die Länge der einfachen, meist 3- bis 5-zelligen Haare betrug am häufigsten 72 bis 380 μ, die der Drüsenhaare 218 bis 510 μ. Im Uebrigen ist der anatomische Bau der Haare derselbe, wie er für die Haare des Laubblattes beschrieben wurde.

2. Anatomie der Anthere.

Das Konnektiv ähnelt in seinem Bau dem Filament, verhält sich aber in einigen Punkten anders als dieses. Die Epidermiszellen sind nicht wie diejenigen des Filaments stark längsgestreckt, sondern meist ungefähr so breit als lang, wenn auch bisweilen schwach gestreckte zu beobachten sind. Die Zellen sind entweder so hoch als breit oder die Breite übersteigt die Höhe etwa um das doppelte. Von der Fläche aus gesehen erscheinen sie von unregelmässiger Kontur mit ganz unregelmässig gebogenen oder gekrümmten Seitenwänden. Die Wände sind alle zart, die Seiten- und Innenwände am dünnsten. Die Aussenwand ist mit einer gestreiften Kutikula überzogen, deren Streifen meist quer zur Längsrichtung des Konnektivs, manchmal aber auch nach anderen Richtungen verlaufen. Während am Filament keine Stomata auftraten, bemerken wir solche in geringer Zahl zerstreut auf dem Konnektiv. Sie sind von oben gesehen von rundlicher Form; die Länge variiert von 22 bis 36 μ, die Breite von 18 bis 36 μ. Meist umgeben drei bis fünf Nebenzellen die Stomata. Das Parenchym des Konnektivs besteht aus abgerundeten, sehr zartwandigen Zellen; in der Nähe des Leitbündels sind sie ziemlich englumig und etwas längsgestreckt. Das Leitbündel des Filaments setzt sich einfach in dem Konnektiv fort und durchläuft dasselbe bis zu dessen Spitze. Der Bau des Leitbündels ist genau wie im oberen Teil des Filaments, nur dass der Holzteil etwas kräftiger entwickelt ist und sehr oft bis 40 Spiraltracheen aufweist, die dabei sehr dicht zusammen liegen und meist nur ein bis zwei Schichten Parenchym umschliessen. Die Siebstränge scheinen höchstens fünf bis sechs Siebstrangselemente zu führen.

Ueber den Bau der Pollensäcke ist folgendes zu bemerken:

Die Scheidewand zwischen den beiden Fächern jeder Antherenhälfte ist kräftig entwickelt und springt stark hervor. Schneiden wir eine Anthere kurz vor dem Aufspringen durch, so beobachten wir in der Regel grosse seitliche Vorsprünge, Wülste, an der Scheidewand (Fig. 49, w). Ich sah sie ab und zu in diesem Stadium der Anthere stark reduziert, zusammengeschrumpft, und sie traten dann nur als kleine seitliche Höcker hervor. Ueber diese seitlichen, leistenartigen Vorsprünge finden wir bei Halsted (1890, Pg. 103), welcher dieselben als ein Charakteristikum für die Solanaceae im allgemeinen betrachtet, einige Angaben; er bildet die Leisten bei den Gattungen Datura und Physalis sowie bei Solanum rostratum und S. carolinense ab. Ferner finden sich Zeichnungen der Wülste in Martius, Flora brasiliensis (1846, vol. X, fasc. XI), für Solanum fastigiatum und variabile (Tab. 5, Fig. 52 u. 61), sowie für Solanum anoacanthum (Tab. 7, Fig. 46); ferner auch bei Leclerc du Sablon (1885, Taf. IV 1.) für Datura Stramonium. Die Wülste werden wie die Scheidewände überhaupt aus ganz zarten abgerundeten. oder mehr prismatischen Parenchymzellen gebildet, die zur Zeit des Aufspringens der Anthere den grössten Teil ihres Plasmainhaltes verloren haben. Die Konturen der Wülste sind nicht scharf, sondern es befinden sich die äussersten Zellen in einem Zustand des Zerfallens oder der Auflösung.

Die Wände der Pollensäcke bestehen bei der Antherenreife in der Regel nur aus einer Epidermis und einem darunter liegenden Endothecium, an dessen Innenseite noch Zellreste zu beobachten sind. Die Epidermis wird meist aus tangential gestreckten Zellen gebildet, die bis 5- oder 6-mal so breit (quer zur Antherenachse) als lang und dabei ein wenig abgeplattet, polygonal und mit meist ziemlich geraden Wänden versehen sind. Je mehr wir uns den Stellen des Aufspringens an der Vorderseite der Anthere nähern, desto mehr werden die Epidermiszellen isodiametrisch; direkt über den Stellen des Aufspringens sind sie auffallend klein. Innen- und Seitenwände der Epidermiszellen sind ausserordentlich zart, die Aussenwände etwas verdickt und mit Kutikularleisten versehen. In der Epidermis finden sich Stomata. Das Endothecium besteht fast auf der ganzen Pollensackwand in der Regel nur aus einer, seltener aus zwei Zelllagen; nur nach dem Konnektiv zu verbreitert sich die Faserzellschicht, wie das Schema (Fig. 49) zeigt, und man beobachtet hier immer 2 bis 4 Zelllagen. Die Zellen sind prismatisch, von der Fläche gesehen meist 5- bis 6-seitig, dabei oft etwas tangential gestreckt. Ihre sonst ausserordentlich zarten Wände tragen verholzte Verdickungsleisten. Diese verlaufen sowohl über die Aussen- wie über die Seiten- und Innenwände hinweg, ähnlich wie bei Nicotiana Tabacum (Leclerc du Sablon, 1885, Pg. 119 u. f.; Taf. 3 Fig. 20 und 21); dasselbe ist bei Atropa Belladonna der Fall (Arthur Meyer, 1892, II Pg. 274). Sie verlaufen auf den Innenwänden entweder, und zwar am häufigsten, etwa in der Richtung parallel zur Längsachse der Anthere, ab und zu seitlich unter sich anastomosierend, oder sie kommunicieren kräftiger miteinander, wobei sie dann manchmal von der mittleren Wandpartie nach allen Seiten ausstrahlen (Fig. 62). Die Leisten setzen sich, wie gesagt, auf den Seitenwänden fort, wo sie schwach anastomosierend neben einander verlaufen, und treten schliesslich auf die Aussenwand über, indem sie sich hier durchweg parallel zur Antheren-Längsachse ordnen (Fig. 63).

Nach Untersuchungen von Leclerc du Sablon (1885, Pg. 129) ist beim Aufspringen der Antheren immer das Oeffnen auf eine besondere Ausbildung der fibrösen Zellen in Bezug auf Zahl und Anordnung ihrer Verdickungsleisten zurückzuführen, indem beim Eintrocknen der Faserzellen und dem dadurch erfolgenden Wasserverlust der Wände eine Schrumpfung dieser letzteren zu stande kommt, die sich hauptsächlich auf die unverdickten Wandpartien erstreckt. Steinbrinck schliesst sich in dieser Frage der Kamerling'schen Kohäsionshypothese an (1898, Pg. 97 u. f.; ferner die Arbeit: Ueber den hygroskopischen Mechanismus von Staubbeuteln und Pflanzenhaaren), die besagt, dass die Kontraktion der Faserzellen durch die Kohäsion ihres verdunstenden flüssigen Inhalts bewirkt wird. Auch Schwendener (1899) hat sich mit dem Problem des Oeffnens der Antheren beschäftigt; er gelangte zu einem Resultat, das im Prinzip mit dem von Leclerc du Sablon gewonnenen übereinstimmt. Auch meine an Antheren von Hyoscyamus niger angestellten Experimente, die nach den von Schwendener angewendeten Methoden (1899, Pg. 2 und 3) ausgeführt wurden, zeigten u. a. deutlich, dass die Kontraktion der Wände der Faserzellen erst dann beginnt, wenn die Flüssigkeit aus diesen Zellen verschwunden ist, also hier unmöglich auf eine Kohäsion im Sinne Steinbrinck's zurückzuführen ist, vielmehr muss ich mich entschieden der Ansicht Leclerc du Sablon's und Schwendener's anschliessen. Erinnern wir uns an den oben geschilderten anatomischen Bau der Faserzellen bei Hyoscyamus, so begreifen wir, dass die Kontraktion der Aussenwände in der Richtung senkrecht zur Längsachse der Anthere eine bedeutend grössere sein muss, als die der Innenwände. Die ganze Pollensackwand krümmt sich infolgedessen beim Austrocknen derart, dass die Aussenseite die konkave Seite des Bogens einnimmt.

Aus dem Schema (Fig. 49) geht hervor, dass die fibröse Zellschicht nicht ununterbrochen um das ganze Pollenfach herum verläuft. An der Insertionsstelle der Fachwand an der Scheidewand stösst erstere mit ausserordentlich zartwandigem Parenchym zusammen, und diese Stelle ist deshalb, zumal da die Pollensackwand hier am schmälsten ist, als Zerreissungsstelle für das Aufspringen der Anthere praeformiert. Innerhalb des Endotheciums kann man zuweilen bei noch nicht ganz reifen Antheren eine oder zwei Reihen zartwandiger Parenchymzellen beobachten, die jedoch manchmal schon obliteriert oder

halb aufgelöst erscheinen. Bei völlig reifen Antheren sind gewöhnlich nur einige kleine Zellreste auf der Innenseite des Endotheciums übrig.

3. Die Pollenkörner.

Die freien Pollenkörner sind schwach gelblich, nicht weiss, wie von Warnstorff (1896, Pg. 44) angegeben wurde, und besitzen, trocken auf dem Objectträger oder in absolutem Alkohol betrachtet, die Gestalt eines gestreckten Ellipsoïds. In Glycerin gelegt zeigen sie ebenfalls anfangs die genannte Form, runden sich aber in diesem Medium nach einiger Zeit ab. In Wasser nehmen sie sofort die kugelige Gestalt an. Die Grösse der in Glycerin liegenden Körner beträgt, nach der kleineren Achse des Ellipsoïds gemessen 33,5 bis 42,2 μ. Sie zeigen, in demselben Medium liegend, sehr schön drei oben und unten spitz zulaufende hellere Längsstreifen, die sich als Furchen erweisen (Fig. 64, B u. C). Dieselben haben die biologische Bedeutung, das Austrocknen so weit als möglich zu verhüten, da gerade an diesen Stellen die Membran sehr dünn ist. Nach Fischer (1890, Pg. 44) kommen solche drei in gleichen Abständen um das Korn verteilte Furchen oder Falten bei den meisten Solanaceen vor. Die Familie soll jedoch sehr zu Abweichungen von der dreifaltigen Form neigen, indem oft vier abwechselnd convergierende oder sechs „tetraëdrische“ Falten auftreten, so besonders häufig in den Gattungen: Nicotiana, Solanum, Physalis, Lycium, Atropa, Physochlaena, Hyoscyamus. Das in der That völlig glatte Pollenkorn scheint mit einem erhabenen Netzwerk bedeckt zu sein; wie wir sehen werden, gehört jedoch dieses Netzwerk zur zweiten Schicht des Exiniums. Die Pollenkörner der meisten anderen Solanaceen sind runzlig bis fast glatt (Fischer 1890, Pg. 45). Um den feineren Bau der Pollenhaut zu untersuchen, beobachtet man am besten den Pollen in Karbolsäure oder man stellt Mikrotomschnitte durch denselben her, die man dann in Glycerinwasser betrachtet. Das Exinium ist eine aus einer einheitlichen, gelblichen Masse bestehende wabige Schicht. Auf dem Querschnitt (Fig. 64 A) erscheint dieselbe wie zwei durch Stäbchen (b) verbundene zarte Schichten (a, c); von der Fläche aus sieht man die Wände der Waben als unregelmässiges Maschennetz (Fig. 65). In den oben erwähnten Furchen oder Falten ist das Exinium nur als eine feine, sehr dünne, glatte, einfache Lamelle ausgebildet. Auf einer mittleren rundlichen Partie der Falte des trockenen Pollens fehlt das Exinium sogar völlig, und hier findet das Hinauswachsen des Intiniums und somit die Bildung des Pollenschlauches statt. In jeder Falte ist nur eine solche Austrittsstelle vorhanden. Das Intinium besteht nur aus einer feinen, weisslichen Lamelle, welche bei in Wasser liegendem Pollen an den Austrittstellen ziemlich stark angeschwollen erscheint (Int. Fig. 64 A). Bei den gequollenen Pollenkörnern sind die erwähnten Falten verschwunden, und die dünnen Stellen des Exiniums treten nun als ziemlich breite helle Streifen hervor. Das Intinium wölbt sich dabei in der Regel ganz beträchtlich hervor und schiebt die Ränder des Exiniums in die Höhe. Fritzsche (1837, Pg. 728—29) erwähnt bei Solanum decurrens, ebenso wie wir es hier bei Hyoscyamus gefunden haben, drei in drei Furchen liegende Austrittstellen. Ebenfalls drei Austrittstellen hat Nicotiana Tabacum nach den Zeichnungen de Toni's und Paolletti's (1891, Taf. XII). Das Exinium der Pollenhaut färbt sich intensiv mit Sudan III (Amidoazobenzolazo-β-naphtol), wässeriger Methylenblau- oder Safraninlösung, und wird mit Chlorzinkjod gelb; gegen conc. Schwefelsäure ist es resistent und löst sich in conc. Chromsäurelösung (1+1) vollständig nach etwa 4 Minuten auf. Das Intinium zeigt Cellulosereaktion. Es wird von Sudan gar nicht tingiert und nur ganz schwach bläulich bezw. rötlich von den beiden anderen genannten Farbstoffen gefärbt. Mit Chlorzinkjod wird es violett. Conc. Schwefelsäure oder Chromsäure löst die Intine sofort. Der Protoplast des Pollenkorns führt kleine Stärkekörner.

E. Der Stempel.

Der Stempel ist oberständig und besteht aus Fruchtknoten, Griffel und Narbe (Fig. 54); er überragt bei ausgewachsenen Blüten kaum die längsten Stamina. Die Narbe ist kopfig, etwa planconvex,

mit der konvexen Seite nach oben und mit stark abgerundeten Seiten, dabei etwas parallel zur Scheidewand des Fruchtknotens gestreckt. An der Oberseite des Narbenkopfes befindet sich eine in derselben Richtung verlaufende spaltenförmige Furche. Der Kopf wird dadurch in zwei Hälften geteilt, von denen je eine über der Rückenseite eines Fruchtblattes steht. Die Narbe erscheint dem unbewaffneten Auge rauh; ihre Höhe beträgt 0,5 mm, die Breite nach der grössten Achse etwa 1,75 mm und nach der kleinsten 1 mm. Der an der Spitze des Fruchtknotens inserierte, etwas gekrümmte Griffel (Fig. 54 e) besitzt ungefähr cylindrische Form, ist jedoch an etwa dem obersten Fünftel seiner Länge ganz wenig verdickt. Die Querschnittsbreite kann hier bis 0,75 mm betragen, an dem übrigen Teil 0,5 mm; die Maximallänge war 2,2 cm. Der Griffel ist, mit Ausnahme seines obersten Viertel bis Drittel, behaart. Er fällt nach der Befruchtung ab. Auch in der Epidermis des Griffels und der Narbe finden wir rotvioletten Farbstoff. Der Griffel ist in seiner ganzen Länge mit Ausnahme der untersten Partie gleichmässig und ziemlich stark gefärbt, die Narbe dagegen nur auf ihrer Unterseite und in der Regel sehr schwach; selten habe ich die ganze Narbenoberfläche rotviolett gefärbt gefunden. Der Fruchtknoten hat die Form eines von der Seite zusammengedrückten Eis, dessen spitzes Ende nach oben gekehrt ist (Fig. 54 und 57). Ungefähr auf der Mitte befindet sich eine schwache Furche an der Stelle, wo die Frucht später aufspringt. Auf den zusammengedrückten Seiten des Fruchtknotens beobachtet man gerade über der Scheidewand eine in senkrechter Richtung verlaufende schwache Einbuchtung, die zuweilen kaum bemerkbar ist. Der Fruchtknoten ist am obersten Teil des zukünftigen Deckels der Frucht behaart, seine Maximallänge war 4,5 mm, seine Breite nach der grössten Querachse 2 bis 3 mm. Die centralwinkelständigen, dicken, fleischigen Placenten des 2-fächerigen Fruchtknotens sind quergeschnitten, ungefähr von halbkreisförmiger oder, wie in schon befruchteten Blüten oft der Fall, mehr nierenförmiger Gestalt (Fig. 66). Sie verjüngen sich nach oben zu und reichen nicht ganz bis zur obersten Grenze der Scheidewand. Nach unten setzen sie sich in ein stielartiges Gebilde fort, über dessen oberen Teil der untere Rand der dicken Placenten sich manschettenartig vorschiebt (Fig. 57). Die ausserordentlich zahlreichen anatropen Samenknospen, die ganz dicht neben einander gelagert sind, stehen ungefähr senkrecht von der ganzen Oberfläche der Placenten ab und haben sonst keine bestimmte Anordnung. Das Erscheinen der Samenknospen an den Placenten erfolgt nach den übereinstimmenden Angaben Payer's (1857, Pg. 738) und Huisgen's (1873, Pg. 18) in basipetaler Folge.

Ueber die Natur der Placenten der Solanaceen haben sich im Laufe der Zeit verschiedene Meinungen geltend gemacht, von denen hier einige Platz finden mögen. Payer, der die Placenten als Achsengebilde betrachtete, beschreibt (1857, Pg. 540) den Entwicklungsgang derselben bei Nicotiana rustica folgendermassen: „Au pied de chacun de ces bourrelets (die beiden Fruchtblattwülste) primitifs, on remarque une petite excavation qui devient de plus en plus profonde, en sorte qu'à un certain âge, l'ovaire se trouve creusé de deux trous. Ces trous sont les loges, et c'est sur la cloison qui les sépare et se renfle en placenta qu'apparaissent les ovules." Auch Huisgen sah die Solanaceenplacenten als Achsengebilde an. Er sagt in seiner 1873 erschienenen Abhandlung Pg. 17 u. f.: „Bei meinen Untersuchungen an Solanum Dulcamara bemerkte ich folgendes: In einem gewissen jugendlichen Alter zeigt ein Querschnitt durch die regelmässig fünfzählige Blüte das Ovarium als eine ganz mit Zellen ausgefüllte Masse, nur befindet sich vor jedem Fruchtblatt ein schmaler Streifen, welcher dasselbe von der innern Gewebemasse trennt. Das Dermatogen auf der innern Seite der Fruchtblätter wie auf der innern Masse ist deutlich zu erkennen. An den beiden Stellen, wo die Fruchtblätter mit einander verwachsen sind, bilden sie mit der innern Zellenmasse ein zusammenhängendes Gewebe. Die beiden schmalen Spalte, die sich vor jedem Fruchtblatte befinden, erweitern sich beim spätern Wachsen immer mehr und bilden so die beiden Fächer des Fruchtknotens, die durch die mittlere Zellenmasse von einander getrennt sind. Auf einem Längsschnitt desselben Stadiums, welcher durch die Mitte der Fruchtblätter geht, in denen das Prokambium schon deutlich wahrzunehmen ist, sieht man folgendes: Die von Payer

erwähnte Scheidewand bildet eine direkte Fortsetzung der Blütenachse, die sich, gerade wie bei den Primulaceen, in die Ovariumhöhle hinein erhoben hat. In einer gewissen Höhe, ungefähr Zweidrittel des ganzen Fruchtknotens, bemerkt man deutlich das durch die Verwachsungen an den erwähnten Stellen allerdings etwas verzogene Dermatogen der Achse; wo diese aufhört, setzen sich die beiden Auswüchse der Fruchtblätter, die so weit mit ihr zusammenhängend geblieben waren und dadurch die Scheidewand im Fruchtknoten vollständig gemacht hatten, noch etwas weiter fort, bis sie mehr nach oben hin verschwinden. Ob dieselben wirklich bloss später entstandene Auswüchse der Fruchtblätter sind, oder ob sie von Anfang an als Verbindungsleisten zwischen Achse und Carpellen direkt mit aus dem Blütenboden emporwachsen, vermag ich nicht anzugeben, doch glaube ich nach meinen Beobachtungen über das analoge Verhalten der später anzuführenden Ericaceen eher das letztere annehmen zu müssen. Die von Payer erwähnten immer tiefer werdenden Löcher zu beiden Seiten der Scheidewand sind also die zwischen den Fruchtblättern und der Achse durch deren weiteres Wachstum gebildeten Zwischenräume, in welche später die Samenknospen zu liegen kommen."

Gegen die oben zitierte Auffassung Payer's und Huisgen's spricht sich A. Braun (1874, Pg. 48) in seinem Referat über die Arbeit Huisgen's in folgender Weise aus: „Bei den Solanaceen sollen die Placenten Achsengebilde sein, eine aus der Beschreibung der Entwickelung, wie sie Payer und der Verfasser geben, keineswegs notwendig zu folgernde Annahme, welche völlig hinfällig wird, wenn man die Gruppe der Nolaneen berücksichtigt und Nicotiana multivalvis vergleicht, eine in den Gärten häufig kultivierte Pflanze, die vielleicht nur eine monströse der N. quadrivalvis ist, dadurch ausgezeichnet, dass nach normalem Staubblattkreis zwei oder drei sich umschliessende Kreise von Fruchtblättern vorhanden sind, von denen jedes ein für sich geschlossenes Fach mit besonderer Placenta bildet."

Es mögen zuletzt noch die folgenden Bemerkungen Čelakovsky's aus seiner umfassenden Arbeit über die Placenten der Phanerogamen wiedergegeben werden. Pg. 42 sagt er: „Eichler betrachtet zwar, wie auch Cramer (Bot. Zeitg. 1868 Nr. 15), die zentrale Placenta der Scrofularineen, Solaneen u. s. w. für rein carpellär, weil diese Placenta oft nach oben durch eine allmählig immer tiefer werdende Furche in die beiden wandständigen Scheidewände übergeht. Allein dieses und noch sicherer die Antholysen beweisen nur, dass die Carpelle hier (wie übrigens in allen anderen Fällen) an der Zentralplacenta jedenfalls Anteil haben und sie es sind, welche die Eichen erzeugen; doch das Vorhandensein einer Achse, an welche der Carpellarteil gebunden wäre, wird damit nicht notwendig negiert. Der Fehler der bisherigen morphologischen Systeme war eben der, dass sie sich (wie auch bei der Beurteilung des unterständigen Fruchtknotens) immer nur die Alternative stellten: „entweder axil oder carpellär", während die Möglichkeit eines an die Achse gebundenen Carpellarteiles gar nicht in Betracht gezogen wurde. So behauptet Huisgen, zufolge der histologischen Entwickelungsgeschichte sei die Zentralplacenta bei den Solaneen, Lobeliaceen, Ericaceen ein Achsengebilde, während Eichler deren Entstehung aus verwachsenen Blatträndern für offenbar erklärt. Es haben aber Beide Recht, indem Beide ihrer morphologischen Richtung nach das Hauptaugenmerk auf ganz verschiedenartige, hier aber vereinigte Erscheinungen gerichtet haben."

Die ontogenetische Entwicklungsgeschichte des Stempels habe ich leider nachzuuntersuchen nicht Zeit finden können. Ich habe die obigen Angaben hier referiert, habe aber nicht die Absicht, auf die Frage der morphologischen Deutung der Achsen- oder Blattnatur der Placenten einzugehen, welche aus Gründen, deren Erörterung hier zu weit führen würde, doch ohne zwingendes Resultat bleiben müsste.

I. Verlauf der Leitbündel im Stempel.

Wir beobachten im Fruchtknoten schon dieselbe Anzahl von Leitbündeln, welche wir später in der Frucht vorfinden, nur sind sie nicht alle fertig ausgebildet, sondern zum Teil nur als Initialbündel vorhanden. In dem untersten Teil der eigentlichen Fruchtknotenwand und des nächst

angrenzenden Teiles der Scheidewand bemerkt man etwa 30 Leitbündel, von welchen gegen 20 fertig differenziert hervortreten (Fig. 66 zeigt schematisch die Leitbündel des mittleren Teils des Fruchtknotens einer schon befruchteten Blüte). Diese Leitbündel, von welchen das mediane (m) eines jeden Fruchtblattes am kräftigsten ist, laufen, der Innenseite der Fruchtknotenwand genähert, ohne Anastomosen und einigermassen parallel durch den ganzen unteren Teil des Fruchtknotens bis ungefähr zu der Stelle, wo sich der Deckel der Frucht später ablöst, indem sie nur einige wenige, ziemlich lange aufwärts strebende Zweige aussenden. Kurz nachdem die Leitbündel in den zukünftigen Deckel eingetreten sind, fangen seitliche Anastomosen an; es bildet sich über die ganze Fläche des Deckels, mit Ausnahme einer kleinen centralen Partie, durch welche, wie wir sehen werden, die Pollenschläuche ihren Weg nehmen müssen, ein vollständiges Maschennetz aus, in dessen Maschen ab und zu blind endigende Leitbündelzweige zu bemerken sind. Die zwei medianen Bündel (Mittelnerven) der Fruchtblätter setzen ihren Weg nach oben fort und laufen in den Griffel hinein. Wenden wir uns nun zu den Leitbündeln der Placenten. Man beobachtet in der untersten stielartigen Fortsetzung der Placenten vier kräftige Leitbündel, von welchen wir weiter oben zwei in jeder Placente an deren Innenseite vorfinden (Fig. 66 und 67 L). Diese zwei Bündel streben durch die ganze Placenta nach oben, indem sie ab und zu seitliche Zweige gegen die Peripherie derselben aussenden (Fig. 67). Wir finden vor der Befruchtung nur verhältnismässig wenige fertig ausgebildete Leitbündel, später treten sie in grosser Zahl auf. Von den äussersten Enden der genannten Zweige gehen nun wiederum kleine Zweige nach allen Seiten ab, die schliesslich die feinen Tracheenstränge für die Samenknospen liefern. Von ihnen tritt je ein Strang in jeden Samenknospenfuniculus ein, und sie sind ebenfalls in der unbefruchteten Blüte noch nicht fertig entwickelt. Die oben genannten vier Hauptleitbündel, wie gesagt zwei in jeder Placenta, treten nach oben zu in die Scheidewand hinein und von dort in den zukünftigen Fruchtdeckel, wo wir die jetzt etwas verzweigten Bündel in der Nähe der erwähnten centralen Partie leitenden Gewebes, anfangs gewöhnlich in einer Anzahl von drei bis vier an jeder Seite desselben finden und zwar diametral entgegengesetzt den beiden Mittelnerven der Carpelle. Sie schliessen sich nun zum Teil dem allgemeinen Anastomosennetz des Deckels an; vier Bündel aber, zwei an jeder Seite, setzen ihren Weg fort. Von ihnen schliesst sich endlich in dem obersten Teil des Fruchtknotens ein Bündel von jeder Seite dem nächstliegenden Mittelnerv eines Carpelles an. Es bleiben also so nur zwei Leitbündel übrig (die verstärkten Mittelnerven); dieselben treten in den Griffel hinein, den sie in gerader Linie durchlaufen, und zwar befindet sich ein Bündel auf jeder der unter den beiden Narbenlappen liegenden Seiten des Griffels. Vom Griffel ziehen die beiden Leitbündel in die Narbenlappen hinein und durchsetzen ungeteilt und ungefähr gradlinig etwa die Hälfte der Narbenhöhe. Es ist schliesslich nur noch zu bemerken, dass man zuweilen im Fruchtknoten ausser den oben genannten noch zwei Leitbündel beobachtet, nämlich in der innersten Partie des schmalen Teils der Scheidewand je ein Bündel an jeder Seite von der Ansatzstelle der Placenten (also etwa bei p. Fig. 66). Sie schliessen sich dann nach oben den aus den Placenten in den obersten Teil der Scheidewand eintretenden Leitbündeln an.

2. Anatomie des Fruchtknotens.

Die Epidermis der Aussen- und Innenseite der eigentlichen Fruchtknotenwand setzt sich aus von der Fläche ungefähr isodiametrischen, etwa 6 bis 22 μ breiten, geradwandigen, 5- bis 6-seitigen Zellen zusammen, die quergeschnitten 4- bis 5-seitig erscheinen. Die Zellen der äusseren Epidermis sind dabei entweder eben so hoch oder höchstens doppelt so hoch als breit, die der inneren Epidermis ebenfalls entweder so hoch als breit, oder die Breite übersteigt die Höhe höchstens um das zweifache. Sämtliche Wände der Epidermiszellen sind ganz dünn, die Aussenwände ein wenig dicker als die übrigen, etwas vorgewölbt und mit einer feinen, glatten Kutikula überzogen. Sie geben alle Cellulosereaktion. In der Epidermis, auch in der inneren, finden wir Stomata, die von der Fläche nach der grössten Achse

gemessen 19 bis 31 μ breit sind und dabei von Nebenzellen in einer Anzahl bis zu 8, die den umgebenden Epidermiszellen gleichen, umgeben werden. Die Stomata sind in der inneren Epidermis auf der ganzen Wandfläche zu finden, in der äusseren dagegen nur in deren unterster Partie. An der Spitze des Fruchtknotens beobachtet man ferner in der äusseren Epidermis Haare, wenn auch nur in geringer Menge. Ich habe nur einfach gebaute vorgefunden, die nicht in Stiel und Kopf differenziert waren. Sie erschienen kurz, dick und stumpf kegelförmig endigend. Ihre Länge übersteigt kaum 80 μ. und die Haare sind in der Regel nicht mehr als 4-zellig.

Die beiden Epidermen der Fruchtknotenwand schliessen ein Parenchymgewebe aus embryonalen Zellen ein. Die Wand nimmt von oben nach unten allmählig an Dicke ab; man beobachtet an der breitesten Stelle 22 bis 24, an der schmälsten nur etwa 7 Zelllagen dieses Parenchyms. Die ersten paar Zellreihen unter der äusseren Epidermis sind isodiametrisch, von der Fläche 5- bis 6-seitig, und die alleräussersten Zellen bilden gegen die Epidermis hin an manchen Stellen gar keine, sonst immer nur winzig kleine Intercellularen aus. Die weiter nach innen liegenden Zelllagen runden ihre Elemente allmählig mehr ab und können recht grosse Intercellularen aufweisen. Bei den innersten zwei bis vier Parenchymreihen, deren Zellen von der Fläche ungefähr isodiametrisch und 5- bis 6-seitig erscheinen, dabei aber bis 3-mal so breit als hoch sind, nehmen die Intercellularen wieder an Grösse und Menge ab, um schliesslich bei der allerinnersten Zellreihe gegen die innere Epidermis nur in ganz geringer Anzahl und in ganz geringer Grösse aufzutreten. Die Parenchymzellen geben alle Cellulosereaktion und führen reichliche Mengen von Chloroplasten und kleinen zusammengesetzten Stärkekörnern, wie diejenigen der Wurzel (Fig. 8); ausserdem aber auch hie und da Oxalat-Krystalle von denselben Formen wie beim Laubblatte Pg. 39 erwähnt, jedoch wohl am häufigsten in Form unregelmässiger Krystallaggregate. Auch Oktaëder kommen vor. Die Grösse der Einzelkrystalle übersteigt kaum 14 μ. Ich mache ausdrücklich darauf aufmerksam, dass sich diejenige Partie der Fruchtknotenwand, in welcher sich der Deckel der Frucht später ablöst, also bezüglich der Ausbildung der Zellen noch in keiner Weise von den übrigen Wandpartien unterscheidet. Dasselbe ist, wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, im grossen und ganzen auch mit dem zukünftigen Deckel selber der Fall. Das weiter unten zu besprechende Führgewebe des Griffels setzt sich in gerader Linie durch den Deckel fort, wo wir es auf einem ganz oben geführten Querschnitte als eine kleine rundliche Gewebepartie vorfinden. Wo die Scheidewand ansetzt, erweitert sich das Führgewebe in der Richtung senkrecht zu dieser, so dass wir es hier als einen schmalen Streifen beobachten; es setzt sich dann weiter durch den kleinen, oberen, nicht mit Placenten versehenen Teil der Scheidewand fort; die angrenzenden Scheidewandpartien verbreitern sich dabei knotenförmig. Die Pollenschläuche durchbrechen in der genannten oberen Partie die Scheidewand an beiden Seiten und treten so frei in die beiden Fächer des Fruchtknotens hinein, wo sie die Samenknospen aufsuchen.

Die oben beschriebene innere Epidermis der Fruchtknotenwand setzt sich auf der Scheidewand und den Placenten fort, nur finden wir auf den letzteren keine Stomata. Die Epidermis umschliesst auf der Scheidewand ein ungefähr 6 bis 8 Zelllagen breites Parenchym, dessen äusserste Zellreihen sich im Ganzen so verhalten wie die entsprechenden der Innenseite der Fruchtknotenwand. Die übrigen sind von ganz unregelmässiger Form und sehr locker verbunden. Wo die Placenten ansetzen, geht das Gewebe in ein regelrechtes Schwammparenchym über, dessen Lufträume an Breite die Zellen häufig weit übertreffen. Dasselbe setzt sich auch in den Placenten fort, nur dass die Lufträume hier allmählig kleiner werden und die äussersten Zellreihen gegen die Epidermis dabei manchmal mehr abgerundet sind. Der Inhalt an Oxalat und Stärke in der Scheidewand und den Placenten, sowie die Reaktion der Zellwände, ist ganz wie bei der Fruchtknotenwand.

Mit dem Bau der Samenknospen werden wir uns erst beim Samen beschäftigen.

Die kräftigsten Leitbündel des Fruchtknotens, die in den Placenten zu finden sind (L. Fig. 66), sind von runder Querschnitts-Form und besitzen im Maximum etwa zwanzig unregelmässig geordnete,

jedoch in der Mitte des Bündels liegende Spiraltracheen. Sie haben bicollateralen Bau, der allerdings nicht sehr ausgeprägt ist, da ihre kräftig entwickelten Siebstränge, welche höchstens 15 bis 20 Siebstrangelemente enthalten, unregelmässig in der ganzen Peripherie des Leitbündels angeordnet erscheinen. Sieb- und Tracheenstränge liegen in einem zartwandigen Parenchym aus gestreckten, prismatischen Zellen. Kleinere Bündel des Fruchtknotens, wie sie z. B. in der Fruchtknotenwand zu finden sind, besitzen kollateralen Bau. Die allerfeinsten Bündel führen nur einige wenige Spiraltracheen.

3. Anatomie des Griffels.

Die Epidermis besteht aus gestreckten Zellen, die im Maximum 8- bis 9-mal so lang, dabei bis 3-mal so hoch als breit sind; quergeschnitten sind sie vierseitig, von der Fläche in der Regel ebenfalls vierseitig, höchstens sechsseitig und mit geradlinig verlaufenden Wänden versehen. Die Enden erscheinen meisselförmig zugeschärft, zugespitzt oder gerade. Die etwas vorgewölbte Aussenwand ist ein wenig verdickt und mit einer in der Richtung der Längsachse der Zellen gestreiften Kutikula überzogen. Die Wände geben Cellulosereaktion. Ungefähr in der oberen Hälfte der Griffelepidermis finden wir einige wenige Stomata, die von der Fläche gesehen rundliche Form haben und meist 4 bis 5 Nebenzellen besitzen. Die Behaarung des Griffels ist im allgemeinen schwach, am kräftigsten ist sie am untersten Drittel. Die Basalzellen der Haare gleichen den umgebenden Epidermiszellen, nur sind sie meist auf der Mitte, wo sich das Haar erhebt, von der Fläche gesehen etwas tonnenförmig erweitert. Die Haare sind fast durchweg stumpf-kegelförmig (Fig. 44a) und 1 bis 4zellig; ihre Länge, die am Griffel allmählig von unten nach oben abnimmt, schwankt zwischen 54 und 219 μ. Nur am unteren Griffelteil sind einige Kopfhaare aufzufinden. Ihr Köpfchen ist entweder einzellig oder jedenfalls nur durch Horizontalwände geteilt. Die Kopfhaare sind immer im Vergleich mit den anderen relativ lang (meist 218 bis 327 μ) und mit einem 4- bis 6-zelligen Stiel versehen. Die immer sehr dünnwandigen Haare sind von einer feinen, glatten Kutikula überzogen. Unter der Epidermis folgt ein dünnwandiges Parenchymgewebe und in der Mitte des Griffels das Führgewebe. Das erstere ist nicht überall von gleicher Breite; an den schmälsten Stellen beobachtet man gewöhnlich 6 bis 7, an den breitesten 9 bis 11 Zelllagen. Die Zellen sind schlauchförmig und das Verhältnis ihrer Länge und Breite ist das gleiche wie bei den Epidermiszellen; auch sind die Enden bisweilen wie diejenigen dieser Zellen, meist sind sie allerdings gerade. Zwischen den Zellen bilden sich ziemlich grosse senkrecht und wagrecht verlaufende Intercellularen aus. Das Parenchym enthält zur Blütezeit Oxalatkrystalle meist in Form von Oktaëdern; sie waren im Maximum 13 bis 14 μ lang. In dem innersten Teil dieses Gewebes, in nur kurzer Entfernung vom Führgewebe, finden wir an den beiden Seiten des Griffels, welche unter der Mediane der zwei Narbenhälften liegen, je ein kleines Leitbündel. Dasselbe ist quergeschnitten rundlich und von kollateralem Bau. Seine Sieb- und Tracheenstränge liegen in einem kleinzelligen Parenchym aus im Querschnitt fünf bis sechsseitigen, dabei langgestreckten, dichtschliessenden Zellen. Die Tracheen, die ausschliesslich Spiralverdickungen besitzen, habe ich bis zu einer Anzahl von 18 beobachtet; sie schliessen sich entweder dicht zusammen oder ordnen sich zu Gruppen, die dann ungefähr in einer Ebene parallel zur Griffeloberfläche liegen. Die Gruppen, deren Maximalzahl 5 betrug, enthielten je 2 bis 6 Elemente und waren durch 1 bis 2 Reihen Parenchym von einander getrennt. An der Aussenseite des Tracheenteils, 1 bis 3 Zellreihen von ihm entfernt, finden wir im Siebteil 4 bis 6 Gruppen von Siebstrangelementen, von welchen jede Gruppe bis 10 Elemente enthalten kann. Auch hier trennen 1 bis 2 Parenchymreihen die einzelnen Gruppen von einander. Die ganze Mitte des Griffels wird, wie oben gesagt, vom Führgewebe ausgefüllt. Die Gewebemasse ist etwas nach derselben Richtung wie die Narbe verbreitert und erscheint quergeschnitten von breit elliptischer Form. Man beobachtet an der breitesten Stelle gegen 30 Zelllagen. Die Zellen sind schlauchförmig, sehr englumig, nur 6 bis 13 μ breit, mit etwas verdickten, stark lichtbrechenden Wänden. Sie sind reichlich mit

Plasma gefüllt, und ihr Inhalt ist von bräunlicher Farbe, besonders der der äusseren Zelllagen (Spiritusmaterial). Zwischen den Zellen finden sich relativ grosse Intercellularen. Der Griffelkanal ist an Querschnitten noch aufzufinden und giebt sich als eine feine in der Mitte des Griffels liegende Höhle mit ganz unregelmässiger Kontur zu erkennen. Die Breite der Höhle beträgt höchstens 26 μ. Die die Höhle umgebenden Zellen verhalten sich in keiner Beziehung verschieden von den übrigen Führgewebezellen.

Das Führgewebe, sowie das übrige Parenchym des Griffels, zeigen schwache Cellulosereaktion; es wird in ihnen durch Chlorzinkjod nur eine schwache Violettfärbung hervorgebracht. In dem ganzen Parenchymgewebe des Griffels finden wir zur Blütezeit reichliche Mengen kleiner Stärkekörner.

4. Anatomie der Narbe.

Die etwas flachen Narbenepithelzellen sind von der Fläche fünf- bis sechsseitig, dabei entweder isodiametrisch oder, wie wir sehen werden, nach einer Richtung gestreckt. Die Wände sind alle dünn, die Aussenwand ist mit einer glatten Kutikula überzogen und zu einer kürzeren oder längeren Papille ausgestülpt. Auf der Unterseite der Narbe, gegen den Griffel hin, sind die Papillen immer nur klein und in geringer Anzahl vorhanden, können auch ganz fehlen. Die Ausstülpungen endigen alle stumpf, manchmal sind sie sogar oben etwas angeschwollen und führen reichlich Protoplasma. Sehr oft erreichen sie eine beträchtliche Länge; ihre Maximallänge betrug 185 μ. Um die mit derartigen grossen Ausstülpungen versehenen Narbenepithelzellen herum ordnen sich die umgebenden Zellen strahlenförmig, und diese sind es, welche, wie oben angegeben, etwas in der Richtung des Radius des Kreises gestreckt erscheinen. Das übrige Gewebe der Narbe steht zum Parenchymgewebe des Griffels in engster Beziehung, indem letzteres sich sozusagen in die Narbe hinein fortsetzt. Das das Führgewebe im Griffel umgebende Parenchym biegt direkt nach dem Eintreten in die Narbenlappen nach den Seiten aus und schliesst sich der Epidermis der Narbenunterseite an, wobei die Zellen allmählig eine mehr isodiametrische Gestalt annehmen. Das Führgewebe dagegen läuft durch die ganze Narbe bis zu deren Scheitel hinauf, indem es sich allmählig nach den Seiten zu ausbreitet. Die zentralen Zellen dieses Gewebes, die in gerader Linie von unten nach oben verlaufen, gleichen denjenigen des Führgewebes im Griffel und setzen sich nach oben dem Narbenepithel direkt an; nach den Seiten zu dagegen werden die Zellen immer kürzer und kürzer. Direkt unter dem Narbenepithel beobachtet man so, je nach den verschiedenen Stellen des Narbenkopfes, 1 bis 7 Lagen nur ganz wenig gestreckter polygonaler Zellen. Der Griffelkanal setzt sich durch die Narbe hindurch fort; zuweilen erscheint er beinahe geschlossen.

IX. Biologie der Blüte.

Es würde zu weit führen, hier auf die Biologie der Blüten näher einzugehen. Ich werde mich deshalb darauf beschränken, die schon vorliegenden biologischen Daten kurz wiederzugeben, wie sie sich bei Knuth (1899, Pg. 133) finden, und mache nur darauf aufmerksam, dass die Anhäufung der Blüten der Hyoscyamus-Inflorescenz auf der Rückenseite der sympodialen Achse wahrscheinlich als eine biologische Erscheinung aufzufassen ist, die dazu dient, die Bestäubung wesentlich zu erleichtern. Knuth charakterisiert die Blüte der Gattung Hyoscyamus als homogame Hummelblume, deren Nektar vom Grunde des Fruchtknotens abgesondert und in der Kronenröhre geborgen wird. Im Uebrigen sagt er über Hyoscyamus niger L. wörtlich folgendes: „Die schmutzig blassgelbe, schräg nach unten gerichtete, schwach hälftig-symmetrische Blumenkrone trägt violette Saftmale. Die Staubfäden sind über ihrer Einfügungsstelle behaart; sie legen sich an den nach unten gebogenen Griffel an. Am Grunde derselben

finden sich drei durch Haare verschlossene Zugänge zum Nektar. Da die Narbe die Antheren überragt, so ist bei eintretendem Insektenbesuche Fremdbestäubung begünstigt. Nach Kerner (1891) stehen die Antheren anfangs etwa 7 mm unterhalb der Narbe, doch sind sie schon am Abend bis zur Narbe vorgeschoben, indem die Krone nachträglich gewachsen ist, so dass nun Autogamie eintritt. Antheren und Narbe wechseln, nach Kerner ähnlich wie bei Mandragora, Scopolia u. s. w. die Stellung". Bei Mandragora (l. c. Pg. 132) finden wir den Vorgang folgendermassen beschrieben: „Die Narbe steht anfangs in der Blütenmitte, während die Staubblätter mit noch geschlossenen Antheren der Kronwand anliegen. Nach zwei Tagen hat sich der Griffel seitlich gebogen und liegt nun seinerseits der Kronwand an, während die jetzt pollenbedeckten Antheren nunmehr in der Blütenmitte stehen". Knuth sagt weiter über Hyoscyamus (1899, Pg. 133): „Als Besucher sah bereits Sprengel (1793, Pg. 124—125) Hummeln; ich beobachtete drei Arten derselben: Bombus agrorum F. ☿, B. lapidarius L. ☿ und B. terrester L. ☿, sämmtlich saugend. Hermann Müller (1873, Pg. 276) sah nur eine kleine Biene (Halictus cylindricus F. ♀), Pollen sammelnd. In Dumfriesshire (Schottland) wurde eine Hummel als Besucherin beobachtet (Scott-Elliot 1896, Pg. 124)."

X. Morphologie und Anatomie der Frucht.

A. Morphologie.

Die Frucht ist eine Deckelkapsel, ein Pyxidium (Fig. 58 und 59). Sie besitzt wie der Fruchtknoten die Form eines von der Seite zusammengedrückten Eis. Die Länge beträgt im Maximum 1,7 cm, die basale Breite etwa 1,4 cm, nach der grössten Achse. Der kleine, etwas bräunliche, ungefähr 3 mm hohe Deckel ist aussen rauh und trägt oben eine kleine Spitze, den Rest des Griffels. Ueber den Deckel der völlig reifen Frucht hinweg verläuft, wie auch an dem übrigen Teil des Pericarps, eine schwache Längsfurche, welche der Ansatzstelle der Scheidewand der 2-fächerigen Frucht entspricht. An der durch das Hervortreten der Leitbündel unebenen Deckelinnenseite bemerkt man eine hervorspringende Leiste, welche einen Rest des dem Deckel angehörenden Teiles der Scheidewand repräsentiert; in der mittleren Partie dieser Leiste beobachtet man drei nicht die ganze Deckelwand durchdringende Löcher, zwei parallel zur Scheidewand gestreckte, seitliche (Fig. 58) und ein mittleres, rundliches (in der Fig. 58 nicht hervortretendes) Loch. Letzteres liegt in einer senkrecht zur Scheidewand verlaufenden Furche und ist sowie diese durch Eintrocknen und Absterben der hier gelegenen Führgewebepartien zu Stande gekommen. Die beiden seitlichen Löcher dagegen sind durch das Eintrocknen der von den Placenten kommenden Leitbündel entstanden. An derjenigen Ringzone, an der sich der Deckel ablöst, an der „Aufspringstelle", finden wir aussen eine schmale, etwas erhabene Zone. Der Rand des schon abgesprungenen Deckels krümmt sich ein wenig nach oben. Der ganze unterhalb dieser Zone liegende Teil des Pericarps ist häutig von weissgrüner Farbe, dabei mit rundlichen, den einzelnen Samen entsprechenden Buckeln versehen. Auch die ganze Scheidewand ist häutig und buckelig. Die Placenten findet man in der reifen Frucht zusammengeschrumpft und jede derselben, von der Fläche gesehen, etwa von dreieckiger Form, dabei schwach bräunlich gefärbt. Die Samen liegen in diesem Stadium frei in den Fruchtfächern, oft in einer Anzahl von 500 in einer Kapsel.

Wir haben schon oben im Kapitel VIII den anatomischen Bau des Fruchtknotens kennen gelernt und wollen jetzt diejenigen anatomischen Veränderungen betrachten, welche der Fruchtknoten erfährt, wenn er in die Frucht umgewandelt wird. Mit dem Bau des Samens werden wir uns jedoch erst in den nächstfolgenden zwei Kapiteln beschäftigen.

B. Anatomie des Deckels.

Die Zellen der äusseren Epidermis haben ihre am Fruchtknoten von der Fläche 5- bis 6-seitige Form so gut wie unverändert beibehalten und sind ausserdem ziemlich kleinlumig und unverholzt geblieben. Dabei haben sich die Aussen- und Innenwände ziemlich stark verdickt, während die Verdickung der reich getüpfelten Seitenwände wesentlich geringer erscheint. Die innere Epidermis des Deckels hat ihre Zellen ringsum ausserordentlich kräftig verdickt, so dass nur ein sehr schmales Lumen übrig bleibt; die Seitenwände sind stark gewellt, noch viel stärker als die in Figur 68 abgebildeten inneren Epidermiszellen der übrigen Fruchtwand, denen sie sonst in ihrer Tüpfelung ähneln. Die Zellen sind etwas gestreckt, jedoch nicht nach einer bestimmten Richtung, und ihre Wände sind sämtlich intensiv verholzt. Auch eine direkt unter der inneren Epidermis liegende Zellschicht hat ihre Elemente stark verdickt und verholzt; sie besteht aus kleinen abgerundeten, reichgetüpfelten Zellen, deren Wände sich in der Regel etwas wellen und an manchen Stellen ziemlich grosse Intercellularen zwischen sich lassen. Diese Zellschicht, die beinahe auf der ganzen Innenfläche des Deckels 6 bis 7 Zelllagen stark ist, verbreitert sich etwas nach unten zu an der Grenze gegen die Aufspringstelle, besitzt hier 9 bis 11 Zelllagen und biegt plötzlich in horizontaler Richtung ab, indem sie so zu sagen den Deckel nach unten abgrenzt, um sich schliesslich der äusseren Epidermis anzusetzen. In ihrem horizontalen Verlauf wird diese verholzte Zellschicht immer schmäler und schmäler. Ihre Lagerung im Deckel ist aus der schematischen Figur 70 zu ersehen. An dem den übrigen Raum zwischen den beiden Epidermen des Deckels ausfüllenden Gewebe sind keine wesentlichen Aenderungen eingetreten. Die Zellen sind ziemlich grosslumig geworden und haben alle eine abgerundete Form angenommen; dabei sind sie unverholzt und fast alle dünnwandig geblieben, nur die ersten paar Zellreihen unter der äusseren Epidermis können etwas dickere Wände aufweisen.

C. Anatomie der Aufspringstelle.

An der Stelle des Aufspringens erleidet das gesamte Gewebe während der Fruchtentwicklung keine wesentliche Aenderung. Die Epidermis, die an der Frucht-Innenseite (u) nur 4—5, an der Aussenseite dagegen 20—22 über einander liegende Zellreihen umfasst, bleibt unverholzt, und höchstens die Aussenwände der inneren Epidermis verdicken sich schwach. Das Parenchymgewebe, welches sich von der Innen- nach der Aussenseite der Aufspringstelle zu verbreitert, besteht wie in der Fruchtknotenwand aus kleinen ganz zartwandigen Zellen; es haben in diesem Gewebe lebhafte Zellteilungen stattgefunden.

D. Anatomie des unteren Teiles der Frucht.

Der untere Teil der Frucht umfasst die im Vorhergehenden unter 2 und 3 noch nicht besprochenen Fruchtteile. Die Zellen der äusseren und inneren Epidermis der häutigen eigentlichen Fruchtwand erscheinen jetzt stark nach der Längsrichtung gestreckt und mit wellig gebogenen Seitenwänden versehen (Fig. 68 und 69). Bei der äusseren Epidermis sind die Aussenwände etwas verdickt, bei der inneren umfasst die Verdickung sämtliche Wände und ist sehr intensiv. Die innere Epidermis ist stark verholzt; die Innen- und Seitenwände tragen grosse rundliche oder elliptische Tüpfel (Fig. 68). Die Streckung sowie die Wellung der Zellen der beiden Epidermen nimmt nach oben zu in der Nähe der Aufspringstelle ab. Die Elemente der 1—2 obersten Zellreihen sind isodiametrisch und geradwandig. Das Parenchym der Fruchtwand scheint seine Elemente während der Fruchtentwicklung nicht vermehrt zu haben. Das Gleiche gilt für die Früchte von Nicotiana Tabacum und Atropa Belladonna (De Toni und Paoletti 1891, Pg. 48). Dagegen haben sich naturgemäss die Zellen stark vergrössert und dabei eine schwammparenchymartige Gestalt mit starker Längsstreckung angenommen (p. Fig. 69).

Mit den Geweben der Scheidewand ist nur die prinzipielle Aenderung eingetreten, dass sich die Epidermiszellen im allgemeinen in ähnlicher Weise ausgebildet haben, wie wir es oben bei der inneren Epidermis der eigentlichen Fruchtwand wahrgenommen haben, nur ist bei der Scheidewand die Verdickung der Seitenwände sowie deren Wellung beträchtlicher. Ganz oben an der Scheidewand, wo sich dieselbe dem Deckel ansetzt, bleiben die Epidermiszellen geradwandig und unverdickt. Es kommt dies beim Aufspringen der Frucht in Betracht.

Ueber die Placenten ist nur zu bemerken, dass die Epidermiszellen jetzt verholzt, dabei etwas radial gestreckt und mit gewellten Seitenwänden versehen erscheinen.

E. Die Leitbündel.

In der reifen Frucht sind dieselben jetzt vollkommen differenziert und lassen nun ausser den eigentlichen Sieb- und Tracheenstrangelementen auch einige Sklerenchymfasern (Fig. 13) erkennen, welche kaum über 475 μ lang und 9—11 μ breit werden.

F. Die Inhaltsstoffe.

Zerstreut im Parenchym der Frucht findet sich Oxalat und Stärke von denselben Formen wie beim Fruchtknoten. Die meisten Oxalatkryställchen scheinen jedoch die Form von tetragonalen Oktaëdern zu besitzen, deren Grösse nach der längsten Achse kaum 14 μ übersteigt. Die Stärke gleicht im wesentlichen der der Wurzel (Fig. 8). An der Aufspringstelle fehlt Stärke ganz und gar, dagegen meint Leclerc du Sablon, hier Aleuronkörner gefunden zu haben. Er sagt (1884, Pg. 72): „Le parenchyme qui est en contact du biseau ligneux de la partie supérieure est formé de cellules petites à parois très minces et bourrées de grains d'aleuron, ce qui est très rare dans un fruit.“ Im Gegensatz zu obigem Autor habe ich Proteinkörner in der Fruchtwand nicht nachweisen können; es finden sich dagegen überall relativ grosse Zellkerne, die besonders in der in Frage stehenden kleinzelligen, stärkefreien Gewebepartie stark ins Auge springen. Nach Färbung mit Pikrokarmin oder Boraxkarmin, Differenzierung mit Pikrinsäure und Einschliessen in Canadabalsam beobachtet man leicht dieselben grossen Kerne auch in den mit Stärke gefüllten Zellen. Es scheint mir, als habe Leclerc du Sablon an der Aufspringstelle die Zellkerne für Aleuronkörner gehalten.

G. Das Aufspringen der Hyoscyamus-Kapsel.

Mit diesem Problem haben sich schon früher mehrere Forscher beschäftigt. Steinbrinck (1873, Pg. 46) sagt: „Die Ursache des Aufspringens liegt in der Kontraktion des Parenchyms der Placenta, welches durch deren verholzte, starre Epidermis auf die Scheidewand, und besonders deren verholzte Epidermis, einen Zug nach sich hin ausübt. Da derselbe besonders in der horizontalen Richtung stattfindet, so löst sich die Scheidewand samt dem ganzen unteren Kapselteil, an den beiden Ansatzstellen der ersteren, durch eine kurze Spalte vom Rande des Deckels.“ Leclerc du Sablon (1884) beschreibt zunächst in grossen Zügen die Anatomie der Frucht, der Hauptsache nach in Uebereinstimmung mit unserer Darstellung, und erklärt nun das Aufspringen folgendermassen: „Cette partie du parenchyme (die Aufspringstelle), très aqueuse, se contracte fortement au moment de la dessiccation, et c'est au milieu des cellules qui la composent que se produit la fente de déhiscence. La formation de cette fente est sans doute due à l'inégalité de contraction qui existe entre cette partie molle et la partie supérieure lignifiée.“ Die Interpretation des Aufspringens bietet auch meiner Ansicht nach keine Schwierigkeiten, wenn wir uns an den anatomischen Bau der Frucht erinnern und zugleich die auch von Leclerc du Sablon (1884, Pg. 23) ausgesprochene allgemeine Regel ins Auge fassen, dass unverholzte Zellwände beim Austrocknen einer viel grösseren Kontraktion unterworfen sind als verholzte. Obgleich nun aber jede der beiden oben zitierten Betrachtungsweisen für sich im stande ist, das Aufspringen annäherungsweise

zu erklären, glaube ich doch, dass sämtliche Kontraktionen der verschiedenen, von den beiden Autoren genannten Gewebe beim Aufspringen so innig zusammenwirken, dass wir sie notwendigerweise bei der Erklärung des Phänomens alle gleichzeitig heranziehen müssen. Zwei Momente aber, welche weder Leclerc du Sablon noch Steinbrinck berücksichtigt haben, spielen ganz sicher ebenfalls eine grosse Rolle. Keiner von beiden erklärt z. B. wie und weshalb sich der Deckel von der Scheidewand gerade an der Ansatzstelle der letzteren ablöst. Die Ursache ist indessen sicher in der bei der Anatomie beschriebenen schmalen zartwandigen obersten Scheidewandpartie zu suchen, durch die ein Zerreissen gerade an dieser Stelle prädestiniert ist. Ebenfalls erwähnen die genannten Autoren nicht, dass man immer den äusseren Rand des abgesprungenen Deckels etwas nach oben gekrümmt vorfindet, obgleich diese Erscheinung gewiss auch nicht ohne Interesse ist, wie ich sogleich auseinandersetzen werde (siehe hierzu die Fig. 70). Dass eine Krümmung wie die genannte zu stande kommen muss, erklärt sich einfach aus der verschieden grossen Kontraktionsfähigkeit der unverholzten Aussen- und der verholzten Innenseite des Deckels. Erinnern wir uns nun ferner, dass am unteren Fruchtteil die äussere Epidermis relativ dünnwandig, unverholzt und kontraktionsfähiger ist als die innere, verholzte und dickwandige, so ist es leicht einzusehen, dass beim Austrocknen ein Zerreissen der zarten Zellen der Aufspringstelle schon infolge der hier erwähnten anatomischen Verschiedenheiten wenigstens eingeleitet werden muss.

XI. Entwicklungsgeschichte des Samens.

Die Samen von Hyoscyamus niger gehen aus anatropen Samenknospen, welche nur ein dickes Integument besitzen, hervor. Das Integument besteht aus 7 bis 9 Zelllagen polygonaler, embryonaler, meist sehr kleiner Zellen. Nur die äussere Epidermis hebt sich durch die Grösse ihrer Zellen etwas von dem übrigen Gewebe des Integuments ab. Ihre Zellen sind etwas abgeflacht, von der Fläche gewöhnlich 5- bis 6-seitig, geradwandig, isodiametrisch oder etwas längsgestreckt, am Samenknospenstiel oft 4-seitig; sie bräunen sich hier sehr frühzeitig. Die mit Plasma dicht gefüllten Zellen des Integuments führen reichliche Mengen kleiner Stärkekörner. Das Nucellusgewebe ausserhalb des Embryosacks besteht aus nur einer Zelllage, deren Zellen etwas grösser sind als die des Integuments, mit Ausnahme der der äusseren Epidermis desselben. Nach der Befruchtung finden lebhafte Zellteilungen im Integumente statt, die Zellen vergrössern sich stark, runden sich dabei oft ab und lassen Intercellularen zwischen sich. Das Integument füllt sich allmählig mit grösseren Stärkekörnern, die einen centralen Kern erkennen lassen. Während der Grössenzunahme der Zellen der äusseren Epidermis, welche hauptsächlich in tangentialer, jedoch auch stark in radialer Richtung stattfindet, haben sich die Seitenwände derselben völlig gebogen, und die Aussenwände erscheinen bald ein klein wenig dicker als die übrigen. Sonst ist aber keine Veränderung mit den Zellen eingetreten; erst wenn der Samen beinahe seine definitive Grösse erreicht hat, differenzieren sich die Epidermiszellen weiter. Es fangen dann die Innenwände und die Seitenwände mit Ausnahme ihrer oberen Partie (r Fig. 71) an, sich zu verdicken, die ersteren unter Ausbildung von Tüpfeln, die zuweilen verzweigt erscheinen. Die Tüpfel bleiben nicht lange erhalten; sie sind deshalb bei der Droge nie vorzufinden. Die Verdickung der äusseren Epidermis geht ziemlich weit; die dicken Wandpartien färben sich gelblich. Kurz vor der Samenreife beginnt in den Epidermiszellen die Anhäufung bräunlicher lockerer Massen (o Fig. 71). Sie lagern sich hier den Wänden entlang, hauptsächlich aber an den oberen dünnen Partien der Seitenwände ab. Erst wenn die eben besprochenen Verdickungen in der äusseren Epidermis schon etwas vorgeschritten sind, beginnt das übrige Integumentgewebe, mit der inneren Epidermis anfangend und dann allmählig nach aussen zu fortschreitend, seinen Inhalt zu verlieren und zu obliterieren. Die obliterierten Zellen, die sich bräunlich färben, werden von dem

herauwachsenden Endosperm, welches den Keimling umschliesst, zusammengepresst und bilden schliesslich unterhalb der äusseren Epidermis eine dichte Schicht (obl. Fig. 71), in welcher man die einzelnen Zellen nicht mehr direkt zu erkennen vermag, sondern nur hie und da kleine Löcher, die Reste der Zelllumina sieht. Das eine Zelllage dicke Nucellusgewebe, welches wir oben bei der Samenknospe bemerkten, vergrössert während der Samenentwicklung seine Elemente hauptsächlich in tangentialer Richtung. Die Zellen erreichen bei weitem nicht die Grösse derer des Integuments. Wir erkennen noch kurz vor der Samenreife diese Zelllage an der inneren Grenze des obliterierten Integumentgewebes, wenigstens an einigen Stellen (p. Fig. 71), während sie an anderen schon jetzt obliteriert sein können. Die Wände der Zellen, die zuletzt braun gefärbt erscheinen, verdicken sich etwas, und zwar meistens die Innenwände. Bei der völligen Samenreife, also in dem Zustande, in welchem uns die Samen in der Droge vorliegen, sind die Nucelluszellen der Regel nach ganz und gar obliteriert und haben sich infolge des Druckes, den das jetzt sehr kräftig entwickelte Endosperm ausübt, dem obliterierten Integumentgewebe und somit der Samenschale dicht angeschlossen. Nur ausnahmsweise können wir dann an einzelnen Stellen die Zellen direkt erkennen.

XII. Morphologie und Anatomie des reifen Samens.

A. Morphologie.

Die nach der grössten Achse 1,30 bis 1,40 mm langen Samen von Hyoscyamus niger sind graubraun, grubig, mehr oder weniger nierenförmig und zusammengedrückt. Bei oberflächlicher Betrachtung erscheinen sie matt, bei genauerer Beobachtung dagegen erkennt man leicht mit der Lupe kleine glänzende Punkte oder Streifen von roter, gelber, grüner und blauer Farbe. Diese Punkte oder Streifen treten am spärlichsten auf den Leisten auf, die, wie Figur 60 zeigt, überall an der Samenoberfläche hervortreten; wir bemerken sie am reichlichsten in den Gruben zwischen den Leisten. Sehr schön sind die Farben zu sehen, wenn man die trockenen Samen unter dem Mikroskope bei 60- bis 100-facher Vergrösserung betrachtet. Auf diese Erscheinungen hat schon C. van Wisselingh (1892) aufmerksam gemacht. Er meint, dass sie durch Lichtinterferenz zu Stande kommen, was ja wohl auch zweifelsohne der Fall ist. Sie verschwinden im durchfallenden Lichte, oder wenn man die Samenschale unter Wasser betrachtet. v. Wisselingh zeigte durch Isolation der dünnen Aussenwand der Epidermiszellen, dass die Interferenzerscheinungen gerade an diese Wände geknüpft sind, und man kann sich in der That leicht davon überzeugen, dass sich die Sache so verhält. Die Erscheinungen würden also, wie er auch bemerkt, vollkommen denjenigen entsprechen, die wir bei dünnen Plättchen oder dünnen Flüssigkeitsschichten wahrnehmen können. Gegen diejenige Stelle hin, an welcher der Samenknospenstiel befestigt war, läuft der Hyoscyamussamen etwas spitz zu, und wir bemerken hier den kleinen hellen Nabel (h. Fig. 60 und 72). Die Mikropyle ist nicht zu erkennen, und eine Raphe tritt ebenfalls nicht hervor. Legen wir einen Medianschnitt durch den Samen, parallel den breiten Seiten, so bekommen wir ein Lupenbild, wie es uns ungefähr die Figur 72 zeigt. Wir bemerken den kleinen, weissen gekrümmten Embryo (emb), der an allen Seiten von dem ebenfalls weissen Endosperm (end) umgeben wird und mit seinem Würzelchen dem Nabel zugekehrt liegt. Das Endosperm wird nach aussen zu von einem ringsum verlaufenden, dunkelbraunen Streifen abgegrenzt (obl), welcher das obliterierte Gewebe repräsentiert, welches wir bei der Entwicklungsgeschichte des Samens oben kennen lernten. Zu äusserst sehen wir die gelblich- braune Epidermis (ep). Die Konturen des Nabels (h) erscheinen wegen des hier zerrissenen Gewebes etwas zackig. Beim Schneiden des Samens bedeckt sich die Schnittfläche mit Oel.

Um die Morphologie des Embryo's genauer zu studieren, muss man denselben völlig isolieren. Dies lässt sich am besten in der folgenden Weise ausführen: Auf den beiden breiten Seiten des Samens werden zunächst vorsichtig Tangentialschnitte so gemacht, dass der Embryo unbeschädigt bleibt; dann kocht man die übrig gebliebene Partie des Samens einige Zeit in einem Uhrgläschen mit Wasser, wodurch der Embryo von selbst und vollständig intakt aus dem Endosperm heraustritt. Er zeigt sich)-förmig gekrümmt, ähnlich wie der Embryo von Sem. Stramonii und ferner von Sem. Capsici (Tschirch, Anat. Atl. Tafel 4). Nur sehr schwach gebogen ist dagegen der Embryo bei Nicotiana Tabacum (de Toni u Paoletti 1891, Pg. 49). Ferner erscheint der Hyoscyamus-Embryo vollkommen farblos; es ist in den Kotyledonen, die epigäisch sind, noch gar keine Grünfärbung wahrzunehmen. Chlorophyll ist nach Godfrin (1884, Pg. 127) überhaupt bei keinem Solanaceen-Embryo vorgefunden worden. Die Keimwurzel und das hypokotyle Glied sind cylindrisch, überall ungefähr von gleicher Dicke; nur an dem äussersten Ende ist die Keimwurzel ganz wenig zugespitzt. Von den beiden gleich langen, völlig getrennten Kotyledonen ist der innere scheinbar länger als der äussere und ragt mit seiner Spitze über den letzteren hinweg (Fig. 72). Die Form der Keimblätter ist aus den Figuren 73 und 74 zu ersehen. Ein Blattstiel tritt erst nach der Keimung auf. An der zwischen den Kotyledonen liegenden, sehr kleinen, schmalen epikotylen Achse finden wir noch keine Blattanlagen.

B. Anatomie der Samenschale.

Die Hyoscyamus-Samen gehören der von Marloth (1883, Pg. 240) aufgestellten vierten Gruppe an, deren Repräsentanten sich durch schützende Elemente in der Schale und reichliches, aber nicht dickwandiges Eiweiss auszeichnen. Zu derselben Gruppe sollen u. a. die Samen von Atropa, Nicotiana, Solanum, Physalis und Datura gehören. Es muss jedoch bemerkt werden, dass Marloth unter „dickwandiges Eiweiss“ nur ein solches versteht, bei dem die Verdickung der Zellen so weit geht, dass sie als Schutzeinrichtung für den Embryo angesehen werden kann.

Wie aus den vorhergehenden morphologischen und entwicklungsgeschichtlichen Beschreibungen hervorgeht, besteht die Samenschale bei Sem. Hyoscyami aus der Epidermis und einer darunterliegenden Schicht obliterierter Zellen. Die Epidermiszellen zeigen in der Flächenansicht meist eine wellenförmige Kontur; nur gegen das Hilum zu, an den beiden breiten Seiten des Samens, befinden sich Zellen, deren Seitenwände fast geradlinig erscheinen (Fig. 60 und 75). Die Epidermiszellen sind von der Fläche gesehen entweder etwas gestreckt, bis 3-mal so lang als breit, oder — und das ist wohl die Regel — fast isodiametrisch. In der Nähe des Hilum nehmen die Zellen stark an Grösse ab. Quer durchschnitten zeigen sie ein Uförmiges Lumen (Fig. 71). Die Breite der Zellen, von der Fläche gesehen, variiert von 60 bis 218 μ; die gestreckten erreichen eine Länge bis 329 μ. Die Höhe entspricht im allgemeinen der Breite. Wie schon gesagt, besitzen die Epidermiszellen eine dünne Aussenwand, eine verdickte Innenwand, und Seitenwände, deren Verdickungen nicht ganz bis nach oben reichen; Planchon's Figur (1895 Bd. I Pg. 585), bei welcher die dünnen Partien der Seitenwände weggelassen sind, entspricht also nicht den thatsächlichen Verhältnissen. Zum Vergleich mit Sem. Hyoscyami mag erwähnt werden, dass wir ebenfalls bei den Samen von Atropa Belladonna und nach de Toni und Paoletti (1891, Pg. 49) auch bei denjenigen von Nicotiana Tabacum dünne Epidermisaussenwände vorfinden; schwach verdickt erscheinen sie bei den Gattungen Capsicum und Physalis und bei Solanum Dulcamara (Lohde 1874, Pg. 25 und 26), stark verdickt sind sie bei Sem. Stramonii (Lohde 1874, Pg. 22; Tschirch, Anat. Atl. Pg. 286; Hartwich 1896, Pg. 378). Was die Verdickungen der Innen- und Seitenwände der Samenepidermis der hier genannten Pflanzen anbelangt, so finden wir dieselben bei Atropa Belladonna ähnlich wie bei Hyoscyamus. Die oberste Partie der Seitenwände bleibt unverdickt. Bei Nicotiana Tabacum erscheinen nach de Toni und Paoletti (1891, Pg. 49) die Seiten- und Innenwände stark verdickt; nach Lohde (1874, Pg. 27) sollen die ersteren bei der ganzen Gattung Nicotiana in

ihrem oberen Teil unverdickt bleiben. Capsicum und Physalis haben nach Lohde (1874, Pg. 25) stark verdickte Innen- und Seitenwände; die Verdickung erstreckt sich bei den Seitenwänden bis ganz nach oben, eine oberste kleine Partie ist jedoch nach seinen Figuren 22 und 23 bedeutend schwächer verdickt als die übrigen Wandteile. Diese obere relativ dünne Partie ist bei Capsicum mit Tüpfeln versehen (Hartwich 1896, Pg. 370; Arthur Meyer 1892, II. Pg. 423). Im Gegensatz zu Lohde giebt Hartwich für Physalis Alkekengi an, dass die Seitenwände ganz oben vollkommen unverdickt sind (1896, Pg. 369). Bei Solanum Dulcamara sind die Innenwände stark verdickt, die Seitenwände ebenfalls, aber nur in ihrem unteren Teil gleichmässig, nach oben dagegen treten die Verdickungen in parallelen Längsstreifen auf (Lohde 1874, Pg. 26). Nach Hartwich (1896, Pg. 370) werden hier jedoch nicht immer Tüpfel ausgebildet. Lohde (1874, Pg. 23) und Tschirch (Anat. Atl. Pg. 286) geben für Datura Stramonium übereinstimmend an, dass die Seiten- und Innenwände sich verdicken, und zwar die ersteren ganz bis zur Aussenwand und am kräftigsten in ihrem mittleren Teil; ganz oben sollen sie nach Hartwich (1896, Pg. 370 und 371), im Gegensatz zu den Angaben von Tschirch, Tüpfel ausbilden.

Kehren wir jetzt zu unserem Hyoscyamus-Samen zurück. Die dünne farblose Aussenwand ist gewöhnlich in das Zelllumen hineingebuchtet (Fig. 71), und dies bedingt das grubige Aussehen des Samens. Die Seitenwände bilden die hervorspringenden Leisten, die wir an der ganzen Samenoberfläche bemerken (Fig. 60). Sie zeigen deutliche Gelbfärbung und Schichtung und lassen eine Mittellamelle erkennen (Fig. 71 und 75); ebenfalls geschichtet erscheinen die Innenwände. Im übrigen greifen die Epidermiszellen an einigen Stellen mit Zipfeln unter einander; die Figur 71 zeigt uns bei g einen solchen durchschnittenen Zipfel. Auch bei Datura Stramonium (Lohde, 1874, Pg. 24 und Figur 17) und Capsicum annuum (Arthur Meyer, 1892, II. Pg. 423 und Fig. 617 B) schieben sich die Fussenden der Zellen unter einander, nur in weit höherem Grade wie bei Hyoscyamus. Die bei der Entwicklungsgeschichte erwähnten braunen, lockeren Massen treten in der Epidermis des reifen Samens in grosser Menge auf (O, Fig. 71); sie bedingen in Verbindung mit den dicken, gefärbten Wänden das bräunliche Aussehen des Samens.

Um den feineren Bau der Wände zu studieren, müssen wir zur Anwendung von Reagentien greifen. Was zunächst die dünne Aussenwand anbelangt, so lässt sie allerdings auch an feinen Samenquerschnitten, die direkt in Glycerin eingelegt werden, kleine Zapfen an der Innenseite erkennen, viel besser aber treten diese hervor, wenn man den Schnitt zunächst 24 Stunden in Eau de Javelle liegen lässt, um die braunen Massen in der Epidermis zu entfärben, dann auswäscht und nun Chloralhydratlösung und schliesslich Chlorzinkjod hinzufügt, wodurch die jetzt etwas gequollenen Zapfen sich zum grössten Teil violett färben. Einen derartig behandelten Schnitt stellt die Figur 76 dar. Die Entstehung der Zapfen habe ich an unreifen Samen verfolgt. Es zeigte sich, dass, so lange die braunen Massen sich noch nicht in der Epidermis angesammelt hatten, keine Zapfen ausgebildet wurden; erst nach und nach und zwar nur da, wo die Massen die Aussenwand berühren, treten sie auf. Sie entstehen durch lokalisiertes Dickenwachstum der Aussenwand, und bilden einfach einen Abdruck der ihr anliegenden lockeren Massen. Mit Chlorzinkjod färbt sich die ganze mittlere Partie der Aussenwand und die des oberen dünnen Teils der Seitenwände violett (x, Fig. 76). Ueber die Epidermis hinweg verläuft eine sich gelb färbende Kutikula (cut, Fig. 76), und auf der Innenseite der Aussenwand sowie rings um das ganze Zelllumen herum findet sich eine feine Lamelle (y, Fig. 76), die von Chlorzinkjod intensiv gelb gefärbt wird; sie tritt auch an gut getroffenen Schnitten, die direkt in Glycerin liegen, deutlich hervor. Die Innenwände und die verdickten Teile der Seitenwände färben sich schichtenweise violett und gelblich mit Chlorzinkjod. Die genannte, das Lumen auskleidende dünne Lamelle haben auch van Wisselingh (1892, Pg. 2) sowie Tschirch (Anat. Atl. Pg. 169) beobachtet.

Ersterer giebt an, dass sie mit Kaliumchlorat und Salpetersäure Cerinsäurereaktion zeigt; ich habe bei der Behandlung mit diesem Reagens nur bemerkt, dass die Lamelle ein zerknittertes Aussehen annahm, ohne dass die charakteristischen „Kügelchen" auftraten. Hartwich (1896, Pg. 374) hat diese Lamelle nicht konstatieren können. Sie lässt sich ausser mit Chlorzinkjod ebenfalls leicht mit Jod und Schwefelsäure nachweisen, indem sie manchmal bei der eintretenden Quellung der Wände losgesprengt wird und dabei stark gelb gefärbt erscheint. Mit Jod und conc. Schwefelsäure färben sich ferner die mittlere Partie der Aussenwand und die des unverdickten Teiles der Seitenwände intensiv blau. Die verdickten Wände zeigen mit Ausnahme der genannten äussersten Lamelle eine ganz schwache Blaufärbung; diese verschwindet bald, und eine gelbbraune Färbung tritt ein. Gleichzeitig lösen sich diejenigen Wandpartien, die sich sofort intensiv blau gefärbt hatten, dagegen widerstehen die dicken Wände stundenlang der Einwirkung der conc. Schwefelsäure. Kalte concentrierte Kalilauge (15 %) färbt die verdickten Wände gelb, und diese sowie die unverdickten Wände quellen dabei auf. Erhitzt man, so verschwindet die gelbe Farbe, ohne dass man jedoch Seifenballen auftreten sieht. Nach dem Auswaschen färben sich jetzt sämtliche Wände intensiv blau mit Chlorzinkjod oder mit Jod und Schwefelsäure. Dieselbe Beobachtung hat van Wisselingh gemacht (1892, Pg. 1 und 2) und schliesst danach auf das etwaige Vorhandensein von fettähnlichen Körpern in den verdickten Wänden; ich habe aber ebensowenig wie van Wisselingh eine Ausschmelzung von Fett beobachten können, wenn ein Schnitt unter dem Deckglas in Wasser oder Glycerin erhitzt wurde. Die dicken Wandpartien färben sich mit 1-proz. Osmiumsäure bräunlich, mit Safranin werden sie stark gerötet, die dünnen Wandpartien dagegen nur sehr schwach. Konzentrierte Chromsäurelösung (1 + 1) löst sofort die mittlere Partie der Aussenwand und der dünnen Seitenwandteile. Nach und nach gehen alle übrigen Wandpartien ebenfalls in Lösung, mit Ausnahme der innersten feinen Lamelle der dicken Wände, welche, wie auch van Wisselingh (1892, Pg. 2) gesehen hat, ungelöst bleibt. Anilin. hydrochlor. oder Phloroglucin und HCl geben, wie schon letztgenannter Forscher (l. c.) sowie Hartwich (1896, Pg. 374) angeben, keine Reaktion.

Wir können also nach dem oben mitgeteilten folgendes sagen: Die Aussenwand der Epidermiszellen besteht aus drei Schichten; nach aussen zu die Kutikula, darunter eine aus Cellulose bestehende Partie und nach innen zu eine stark cutinisierte Lamelle. Die oberen dünnen Partieen der Seitenwände bestehen ebenfalls aus Cellulose; nur ist die äusserste, sich um das ganze Zelllumen herum fortsetzende, feine Lamelle relativ stark cutinisiert. Die Innenwände und die verdickten Teile der Seitenwände sind im Allgemeinen nur ziemlich schwach cutinisiert; stärker und schwächer cutinisierte Schichten wechseln mit einander ab. Nur eine innerste ganz subtile Lamelle zeigt intensive Cutinisierung.

Schliesslich ist zu erwähnen, das eine Einlagerung von Kieselsäure in die verdickten Wände stattfindet, wie wir unten näher sehen werden.

Es dürfte bei der Untersuchung von Pulv. Sem. Hyoscyami auf seine Reinheit hin von Interesse sein, dass bei anderen Solanaceen, deren Samenepidermis der von Hyoscyamus niger mehr oder weniger ähnelt, sich die verdickten Wände derselben, die im Pulver grade stark auffallen, Reagentien gegenüber abweichend verhalten und also leicht von der des Hyoscyamus-Samens zu unterscheiden sind. So z. B. sind die Innen- und Seitenwände bei Nicotiana rustica vollständig und bei Physalis Alkekengi zum grössten Teil verholzt (Hartwich 1896, Pg. 372 und 373); auch bei Capsicum annuum zeigen diese Wände vorwiegend Holzreaktion (Hartwich 1896, Pg. 372; Arthur Meyer 1892, II. Pg. 423). Nähere Angaben über die Einwirkung von Reagentien auf die Samenschale der verschiedenen pharmacognostisch wichtigen Solanaceen finden sich ausser an den soeben angeführten Stellen bei Lohde (1874, Pg. 22) für Datura Stramonium, bei Hartwich (1896, Pg. 378) für Datura Stramonium, Nicotiana rustica, Physalis Alkekengi, Capsicum und schliesslich bei Tschirch (Anat. Atl. Pg. 14) und Hanausek (1888, Pg. 329 u. f.) für Capsicum annuum.

Schon mehrmals habe ich im Vorhergehenden die in den Epidermiszellen auftretenden braunen, lockeren Massen berührt (o, Fig. 71); sie bilden bei der Droge die einzigen Inhaltsstoffe dieser Zellen. Sowohl Lohde (1874, Pg. 27) wie auch Tschirch (Anat. Atl. Pg. 169) erwähnen diese Stoffe, gehen aber auf die Natur derselben nicht näher ein. Nach meinen Untersuchungen zeigen sie sich nach 24stündiger Einwirkung resistent gegen concentrierte Schwefelsäure, Salzsäure, Essigsäure, Kalilauge und Eau de Javelle; auch werden sie von Benzol, Xylol, Chloroform oder heissem Alkohol gar nicht beeinflusst. Kocht man mit conc. Kalilauge, so werden die Massen etwas heller. Mit Jod und Schwefelsäure nimmt die Braunfärbung der Körner ein wenig zu, eine Auflösung findet aber nicht statt. Unter dem Polarisationsmikroskop untersucht zeigen sich die Körner bei gekreuzten Nicols dunkel, sind also nicht doppelbrechend. Man beobachtet ferner, dass Schnitte durch die Epidermis, die unter Zusatz von Salpetersäure erhitzt und dann geglüht werden, immer einen Rückstand hinterlassen. Alle diese Thatsachen liessen die Vermutung entstehen, dass man es hier vielleicht mit Kieselsäure zu thun hätte, die ja oft in periphere Geweben als Festigungsmittel eingelagert wird.

Um diese Frage zu entscheiden, untersuchte ich zunächst makrochemisch die Hyoscyamus-Samen auf Kieselsäure in der folgenden Weise: 10 gr. Pulv. Sem. Hyoscyami wurden durch Ausziehen mit absolutem Alkohol von fettem Oele befreit, dann mit Salpetersäure digeriert, um lösliche anorganische Bestandteile zu entfernen, und schliesslich, nachdem die Säure abgegossen und mit neuer mehrmals ausgewaschen worden war, in einem Platintiegel zum Glühen erhitzt. Den Rest zog ich mit Salzsäure aus, goss die Säure ab und glühte nochmals. Der Rückstand wurde mit der Phosphorsalzperle geprüft und ergab eine sehr intensive Kieselsäurereaktion. Nachdem das Vorhandensein von Kieselsäure im Samen in dieser Weise konstatiert war, versuchte ich ferner festzustellen, ob dieselbe vielleicht aus den braunen Massen in der Epidermis stamme oder wo sie andernfalls herrühre. Zu dem Zwecke wurden sehr dünne, sowohl Tangential- als auch Querschnitte vom Samen hergestellt. Diese liess ich nach Abwaschen mit Alkohol ein paar Stunden in Salpetersäure liegen, um die Basen, mit denen die Kieselsäure hätte zusammenschmelzen können, zu eliminieren; dann wurden die Schnitte einige Zeit in Wasser gelegt, gezeichnet, und nun, nach Uebertragung auf ein auf Platinblech liegendes Deckgläschen, ganz allmählich zum Glühen erhitzt. Nach Abkühlung brachte ich das Deckgläschen mit den ihm anhängenden Glühresten auf einen mit einem Tropfen Glycerinwasser versehenen Objektträger und beobachtete unter dem Mikroscope. Das Uebriggebliebene wurde gezeichnet und mit den Zeichnungen der ungeglühten Schnitte verglichen. Zurück blieben ausser den körnigen Massen sehr subtile Kieselskelette, welche die Form der dicken Epidermiswände wiedergaben. Sowohl von diesen Wänden, als auch und zwar hauptsächlich von den genannten Massen, rührt also die Kieselsäure her, die wir bei der makrochemischen Analyse des Samens fanden.

Die Anhäufung von Kieselsäure in Verbindung mit den Wandverdickungen in der Epidermis bedingen die grosse Härte der Samenschale.

Der unter der Epidermis liegende übrige Teil der Samenschale (Fig. 71) besteht aus obliterierten Integumentzellen, und an diese haben sich nach innen zu die ebenfalls obliterierten Nucelluszellen dicht angeschlossen. Das gesamte Gewebe ist braun gefärbt. Ueber die Form der Zellen sind schon bei der Entwicklungsgeschichte Angaben gemacht; auch wurde schon dort darauf aufmerksam gemacht, dass sich die Zellen bei der Droge der Regel nach nicht mehr direkt erkennen lassen. Reagentien gegenüber verhält sich das obliterierte Gewebe folgendermassen: Es zeigt mit Chlorzinkjod, Anilinhydrochlorat, Jod und Schwefelsäure, Kupferoxydammoniak oder Safranin keine Färbungs- oder Auflösungserscheinungen. Die Zellen geben ebenfalls, im Gegensatz zu den Integumentzellen des Samens von Datura Stramonium und den Integument- samt den Nucellarrestzellen des Samens von Physalis Alkekengi (Hartwich 1896, Pg. 366), keine Reaktion mit Phloroglucin und Salzsäure. Kalte conc. Schwefelsäure und kalte conc. Kalilauge (15%) bleichen nach 24 Stunden, bezw. erst nach mehreren Tagen

das obliterierte Gewebe. Erhitzt man mit letztgenanntem Reagens, so nimmt die Braunfärbung der Zellen etwas zu. Concentrierte Chromsäurelösung löst nach und nach das Gewebe. Um die Zellen des obliterierten Gewebes auch bei der Droge erkennen zu können, verwendet man am besten Samen, die einige Tage in starker Kalilauge lagen, und stellt zunächst feine Querschnitte derselben her. An solchen Schnitten lässt sich nun meistens die innerste, gegen das Endosperm zu liegende Zellreihe, die der Nucelluszellen, unterscheiden. Die Zellen haben jedoch nur höchst unvollkommen ihre ursprüngliche Form wieder angenommen; sie zeigen noch stark gebogene oder gefaltete Wände. Die Integumentzellen lassen sich in der Regel in dieser Weise nicht unterscheiden. Isoliert man dagegen die Samenschale und das obliterierte Nucellusgewebe eines in der obigen Weise behandelten Samens und schabt man unter der Präpierlupe die Epidermis mit einer lancettförmigen Präpariernadel ab, so lassen sich nun sowohl die Konturen der Integumentzellen, als auch die der Nucelluszellen verfolgen, wenn man das obliterierte Gewebe von der Aussenfläche bezw. von der Innenfläche betrachtet. Einige der Zellen erscheinen 5- bis 6-seitig, die meisten jedoch haben unregelmässig gebogene Wände.

An Schnitten durch den Nabel erkennen wir noch einige Spiraltracheen, die dem Leitbündel des Funiculus angehören.

C. Anatomie des Endosperms.

Das Endosperm besteht aus weisslichen, isodiametrischen oder etwas gestreckten Zellen, die im Querschnitt entweder kantig oder mehr abgerundet erscheinen (endosp. Fig. 71). Die Zellen sind im allgemeinen ziemlich gross, die der äussersten, an das obliterierte Gewebe grenzenden Reihe jedoch bedeutend kleiner als die übrigen. Die Wände erscheinen etwas verdickt. Sie besitzen eine relativ kräftige Mittellamelle, welche erst nach Färbung, z. B. mit Methylenblau, oder Behandlung der Schnitte mit Chloralhydratlösung oder conc. Kalilauge deutlich hervortritt; in den Ecken zwischen den Zellen bildet sie Zwickel aus. Intercellularen sind im Endosperm nicht vorhanden, was ja auch der Regel entspricht (Godfrin 1884, Pg. 107). Nach Tschirch und Oesterle (Anat. Atl. Pg. 15) sollen solche im Endosperm von Capsicum annuum auftreten können. Die äusserste Zellreihe des Endosperms ist gegen das obliterierte Gewebe von einer Lamelle abgegrenzt, die sich Reagentien gegenüber anders verhält als die übrigen Wandteile (s. Fig. 71). Sie wird von Chlorzinkjod oder Jod und Schwefelsäure nicht gefärbt, bleibt mit conc. Schwefelsäure ungelöst und wird von Sudan III (Graessler und Nietzki) rot tingiert. Sonst färben sich die Wände unter starker Quellung mit Chlorzinkjod intensiv violett mit Ausnahme der Mittellamelle, die nur eine ganz schwache Färbung zeigt. Mit Jod und Schwefelsäure erscheinen die Wände blau gefärbt; dagegen werden sie von Sudan III nicht gerötet. Sie quellen stark mit conc. Schwefelsäure, Chloralhydratlösung (5 + 2 Wasser) oder conc. Kalilauge (15 %) und werden dabei vom erstgenannten Reagens gelöst. Kupferoxydammoniak hatte dagegen nach 24 Stunden noch keine Auflösung der Wände bewirkt.

Die Inhaltstoffe des Endosperms sind Aleuronkörner und fettes Oel; sie werden am Schluss dieses Kapitels eingehend beschrieben werden.

Das Endosperm wird gegen den Keimling hin von ein paar Reihen ganz zartwandiger, senkrecht zur Längsachse des Embryo's gestreckter Zellen abgegrenzt. Sie erscheinen zum grössten Teil stark zusammengefallen.

D. Anatomie des Embryos.

Die Keimwurzel und das hypokotyle Glied gehen im Samen unmerklich in einander über. Wir wollen deshalb mit Arthur Meyer (1892, I. Pg. 125) das gesamte Gebilde als Würzelchen bezeichnen, um so mehr, als der anatomische Bau desselben überall der gleiche ist, wenn wir von der äussersten mit Wurzelhaube bedeckten Spitze absehen. Das Würzelchen wird von einer Epidermis aus längsgestreckten, von der Fläche gesehen meist 6-eckigen Zellen variierender Grösse bekleidet (Fig. 77), welche mit einer feinen Kutikula überzogen ist (cu, Fig. 78). Unter der Epidermis folgen 5 bis 7 Zell-

reihen dünnwandiger, ziemlich grosser, mit kleinen Intercellularen versehener Zellen, von welchen die der äussersten Reihe im Querschnitt radial gestreckt erscheinen, die übrigen dagegen isodiametrisch oder schwach tangential gestreckt (Fig. 78) sind. Die Mitte des Würzelchens ist von einem ganz zartwandigen, kleinzelligen Gewebe eingenommen (In. Fig. 78), aus welchem später der Leitbündelcylinder resp. das Leitbündel hervorgeht. Die Querschnittsform der dicht an einander schliessenden Zellen ist meist 5- bis 6-eckig; Tracheen lassen sich noch nicht erkennen. Die Wurzelhaube ist an ihrer breitesten Stelle, gegen die Spitze zu 3- bis 4-schichtig. Alle Zellwände des Würzelchens, selbstredend mit Ausnahme der Kutikula, färben sich mit Chlorzinkjod violett.

Die Kotyledonen besitzen auf beiden Blattseiten eine Epidermis aus abgeflachten, von der Fläche 5- bis 6-seitigen, geradwandigen Zellen (Fig. 79). Spaltöffnungsanlagen sind nicht zu erkennen, obgleich sie der Regel nach bei blattartigen Kotyledonen auftreten (Godfrin 1884, Pg. 105). Haare werden, wie wir beim Laubblatte gesehen haben, bei den Kotyledonen überhaupt nicht ausgebildet. Auch die Keimblätter von Solanum marginatum und Datura Stramonium sollen nach Godfrin (1884, Pg. 131) weder im Samen noch später Haare aufweisen. Die Epidermiszellen haben eine Kutikula, die sich einige Zeit gegen conc. Schwefelsäure resistent erweist. Im Uebrigen zeigt ein Querschnitt (Fig. 80), am besten nach Reinigung mit absolutem Alkohol, sehr verdünnter Kalilauge (0,75 %) und zuletzt Essigsäure, des weiteren folgenden Bau der Kotyledonen: Das Mesophyll erscheint, wie es nach Godfrin (1884, Pg. 105) im Allgemeinen bei dünnen Kotyledonen der Fall ist, heterogen, indem an der Oberseite die erste, unter der Epidermis liegende Zellreihe sich relativ stark radial gestreckt hat (Pls., Fig. 80); sie bildet die späteren Palissadenzellen des weiter entwickelten Keimblattes. Sonst besteht das Mesophyll aus abgerundeten, bezw. mehr weniger kantigen, isodiametrischen Zellen, die meist in tangentialen Reihen angeordnet sind und hie und da winzig kleine Intercellularen zwischen sich lassen. Das Mesophyll ist an der breitesten Stelle 6 bis 8 Zelllagen dick. Im Keimblatt finden wir Initialleitbündel für den Mittelnerv und einige wenige der kräftigeren Nervenzweige; sie bestehen aus einem homogenen Gewebe kleiner, prismatischer, dichtschliessender und längsgestreckter Zellen (Pc Fig. 80). Sämtliche Zellwände der Kotyledonen geben mit Chlorzinkjod oder Jod und Schwefelsäure Cellulosereaktion. Der ganze Embryo enthält in seinen Zellen Aleuronkörner und fettes Oel, ebenso wie das Endosperm, nur sind die Aleuronkörner beim Embryo durchschnittlich kleiner; die kleinsten liegen, wie im Endosperm, in den peripheren Zellreihen. Im Uebrigen verweise ich auf das unten Gesagte.

E. Die Aleuronkörner des Hyoscyamus-Samens.

Auf dem Querschnitte einer Endospermzelle zählen wir gewöhnlich 20 bis 35 farblose Aleuronkörner, welche wie beim Embryo das ganze Lumen beinahe vollständig ausfüllen. Lüdtke, der verschiedene Proteinkörner-Typen aufgestellt hat, rechnet die Körner von Hyoscamus niger zu dem sogenannten Euphorbiaceentypus (1890, Pg. 92), der durch Aleuronkörner von 5 bis 6 μ Durchmesser, welche als Einschlüsse Krystalloide und Globoide stets, Krystalle sehr selten enthalten, gekennzeichnet wird. In einer späteren Arbeit (1891, Pg. 58—59) giebt derselbe Autor an, dass die Aleuronkörner von Hyoscyamus niger 1 Krystalloid (cub.) und 1 Globoid enthalten, diejenigen von Datura Stramonium dagegen 1 bis 2 Krystalloide und 1 bis 4 Globoide. Wie wir gleich sehen werden, stimmen die Resultate meiner Untersuchungen nicht ganz mit den Angaben Lüdtke's überein. Untersucht man die Aleuronkörner in Mandelöl oder fettem Oel, so sieht man, dass die Form inkonstant ist (Fig. 81). Manchmal erscheint sie rundlich, manchmal aber auch kantig und sehr oft treten kleine Erhöhungen am Korn hervor, die den excentrisch liegenden Globoiden entsprechen. Die Mannigfaltigkeit der Form ist durch die dichte Lagerung der Körner verursacht. Fügt man den in Alkohol liegenden Körnern ein paar Tropfen einer dünnnen alkoholischen Jodlösung hinzu, welche in verschiedenem Grade die Grundmasse und die Krystalloide, die Globoide dagegen gar nicht färbt, oder lässt man zu den Körnern

einen Tropfen starken Ammoniakwassers (25 Proz.) fliessen, so erkennt man, dass die Aleuronkörner von Hyoscyamus in den meisten Fällen nur 1 Krystalloid und dabei ebenfalls meist nur 1, bisweilen jedoch 2, selten 3 Globoide enthalten (Fig. 81). Ich habe aber auch, hauptsächlich im Endosperm, recht häufig biskuitförmige Körner, die 2, und mehr unregelmässige, die 3 Krystalloide enthielten, gefunden. Derartige Körner scheinen der Regel nach Globoide in derselben Anzahl wie Krystalloide zu besitzen. Ich habe aber andererseits auch Aleuronkörner beobachtet, die 2 Krystalloide und nur 1 Globoid besassen.

Die Solanaceen-Krystalloide sind nach Schimper (1878, Pg. 25) von hexagonal rhomboëdrischer Symmetrie. Die hier in Betracht kommenden von Hyoscyamus niger zeigten sich, nach Isolierung mit einer gesättigten Lösung von phosphorsaurem Natrium und Auswaschen, unter dem Polarisationsmikroscop schwach leuchtend bei gekreuzten Nicols. Die Globoide von Hyoscyamus haben die Form kleiner Kugeln; die Grundmasse ist in den Körnern nur äusserst spärlich vorhanden, so dass die Körner von den Krystalloiden beinahe ganz ausgefüllt werden. Calciumoxalatkrystalle wurden nirgends beobachtet. Die Grösse der Aleuronkörner beträgt nach meinen Messungen, welche sich bei nicht isodiametrischen Körnern auf die grösste Achse beziehen, im Endosperm 2 bis 8 μ und im Embryo 1 bis 7 μ. Nach Tschirch (Anat. Atl. Pg. 287) sind bei Datura Stramonium die Körner im Endosperm 5,5 bis 11 μ und im Embryo meist 3 bis 6 μ gross. Lüdtke dagegen giebt eine Maximalgrösse von nur 8 μ an (1891, Pg. 58—59).

Reagentien gegenüber verhalten sich die Hyoscyamus-Proteinkörner folgendermassen: I. Wasser löst die Grundmasse leicht; die Krystalloide quellen nur, lösen sich aber nicht, ebenso wenig die Globoide. II. Ferrocyankaliumlösung (4%) löst die Grundmasse und die Krystalloide. III. Gesättigte Lösung von phosphorsaurem Natrium löst die Grundmasse und nach und nach die Globoide. IV. 10proz. Chlornatriumlösung oder gesättigte Chlornatriumlösung soll nach Vines (1880—82, Pg. 101) im Stande sein, alle in Wasser völlig löslichen und viele von den nur teilweise löslichen Proteinkörnern zu lösen. Von den Hyoscyamus-Aleuronkörnern gingen sowohl die Grundmasse als auch die Krystalloide durch die beiden genannten Reagentien in Lösung. Vines giebt ferner an (1880—82, Pg. 114), dass die Krystalloide von Datura Stramonium und Atropa Belladonna nach Behandlung mit Alkohol (wie lange sagt Verf. nicht) in gesättigter Chlornatriumlösung löslich seien, unlöslich dagegen nach Behandlung mit Aether. Nach meinen Beobachtungen hatten die Hyoscyamus-Krystalloide ihr oben erwähntes Verhalten gesättigter Chlornatriumlösung gegenüber, nach vorhergehender 24stündiger Behandlung mit Alkohol oder Aether nicht geändert. Ebenfalls lösten sich die Krystalloide von Datura Stramonium nach der gleichen Behandlung sofort, und die von Atropa Belladonna zeigten nur insofern ein abweichendes Verhalten, als sie nach der Aetherbehandlung etwa 10 Minuten ungelöst blieben, eine Erscheinung, die vielleicht bei der qualitativen Untersuchung von Pulv. Sem. Hyoscyami zu verwerten wäre. Es mag noch erwähnt werden, dass Vines bezüglich der chemischen Natur der Krystalloide zu dem Resultat gelangte (l. c. Pg. 107), dass alle diejenigen, die in destilliertem Wasser unlöslich, in Chlornatriumlösung dagegen löslich waren, aus solchen Eiweisstoffen bestehen, welche man mit dem Namen Globuline bezeichnet. Die Krystalloide von Hyoscyamus niger, Datura Stramonium und Atropa Belladonna gehören dieser Kategorie an. V. Sodalösung (1proz.) löst die Grundmasse und die Krystalloide. VI. 4proz. Lösung von essigsaurem Natrium löst nur die Grundmasse. VII. a. Stark verdünnte Kalilauge (0,75proz.) löst sofort die Grundmasse und die Krystalloide, dagegen war, selbst nach 24 Stunden, gar keine lösende Einwirkung auf die Globoide wahrzunehmen. b. Mit 15proz. Kalilauge verhielten sich die Grundmasse und die Krystalloide wie eben gesagt; bezüglich der Globoide dagegen beobachtete ich, dass dieselben nach 24-stündiger Einwirkung ihre Form zwar beibehalten hatten, nun aber eine feinkörnige Masse einschlossen, wie auch Pfeffer für die Globoide im Allgemeinen angiebt. Dieser Autor beschreibt (1872, Pg. 477) die Einwirkung von conc. Kali folgendermassen: „Wenn genügend verdünntes Kali bei

gewöhnlicher Temperatur die Globoide nicht verändert, so gilt dieses keineswegs für concentriertes Kali, das einen Stoff, und zwar von Aussen nach Innen fortschreitend aus den Globoiden heraus löst, wie dies übrigens auch nach der chemischen Zusammensetzung sicher zu erwarten war. Die veränderten Globoide haben ihre frühere Gestalt zwar bewahrt, erscheinen aber als eine fein granulierte, schwach lichtbrechende Masse, welche aussen von einer hautartig erscheinenden Schicht, dem Hüllhäutchen umzogen ist. Es wurde eben durch das Kali Phosphorsäure entfernt, und Kalk und Magnesia blieben, und zwar wenn nicht die Lauge zu sehr concentriert und kohlensäurehaltig war, als kohlensaure Salze zurück, die sich natürlich gleichfalls in verdünnten Säuren lösen." c. Stark concentrierte Kalilauge (50 proz.) löst sofort das ganze Aleuronkorn. VIII. 1 proz. Essigsäure löst ebenfalls das ganze Korn. IX. a. Kalkwasser (Ph. germ.). Nach den Angaben Lüdtke's (1890, Pg. 76) löst Kalkwasser die Hüllsubstanz (Grundmasse), deren Membran, das Krystalloid und die Membran des Krystalloids, und zwar in der hier genannten Reihenfolge. Da meine Beobachtungen bezüglich Hyoscyamus niger mit den allgemeinen Angaben des genannten Autors nicht ganz übereinstimmen, führe ich hier seine ganze Beschreibung des Vorganges an: „Lässt man zu einem krystalloidführenden Aleuronkorn langsam Kalkwasser treten, so wird zunächst die Hüllsubstanz und später die Membran des Korns gelöst. Erst dann beginnt die Einwirkung auf das Krystalloid. Im ersten Stadium quillt es etwas auf und büsst dadurch seine krystallähnliche Gestalt ein, um die einer Kugel anzunehmen. Alsbald bilden sich nun im Innern viele kleine Vacuolen, die nach und nach zu einer grösseren zusammenfliessen. Die Membran des Krystalloids ist nun nicht mehr im Stande, dem starken Turgor zu widerstehen, sie zerreisst, die Lösung des Krystalloids verteilt sich im Zellinhalt, und die Membran schlafft zu einem faltigen Häutchen zusammen, welches noch lange deutlich sichtbar bleibt, um dann später auch in Lösung zu gehen." Nach meinen Beobachtungen löst Kalkwasser (Ph. germ.) sofort die Grundmasse und das Krystalloid, ohne dass die Reaktion die von Lüdtke wahrgenommenen Stufen aufzuweisen hat. C. Verdünntes Kalkwasser (1 + 5 Wasser) löst schnell die Grundmasse, eine äussere dünne Schicht später. Krystalloide und Globoide bleiben nun isoliert zurück, und erstere zeigen sehr deutlich ihre krystallähnliche Form. Erst nach einigen Minuten fängt die Einwirkung auf die Krystalloide an; sie lösen sich nach und nach, jedoch bleibt die äusserste Schicht einige Zeit erhalten, während im Innern die Lösung mehr und mehr fortschreitet. Die Globoide bleiben ungelöst. c. Stärker verdünntes Kalkwasser (1 + 10 Wasser) war in 24 Stunden nur im Stande die Grundmasse zu lösen. X. Starkes Ammoniakwasser (25 proz.) löst sofort die ganze Grundmasse, nach und nach auch die Krystalloide. XI. a. Salzsäure (Ph. germ. III) und b. verdünnte Salzsäure (1+25 Wasser) lösen beide sofort das ganze Korn. XII. Dasselbe Lösungsvermögen zeigt Chloralhydratlösung (5 + 2 Wasser).

Die Einwirkung aller dieser Reagentien lässt sich folgendermassen zusammenfassen:

I. Die Grundmasse ist löslich in: Wasser, Ferrocyankaliumlösung (4 proz.), gesättigter Lösung von phosphorsaurem Natrium, Chlornatriumlösung (10 proz. und gesättigt), Sodalösung (1 proz.), Kalilauge (0,75 proz. oder stärker), Kalkwasser (10-fach verdünnt oder stärker), Essigsäure (1 proz.), Ammoniakwasser (25 proz.), Salzsäure (25-fach verdünnte oder stärkere), Natriumacetatlösung (4 proz.), Chloralhydratlösung (5+2 Wasser).

II. Die Krystalloide lösen sich in: Ferrocyankaliumlösung (4 proz.), Chlornatriumlösung (10 proz. und gesättigt), Sodalösung (1 proz.), Kalilauge (0,75 proz. oder stärkere), Kalkwasser (5-fach verdünntes oder stärkeres), Essigsäure (1 proz.), Ammoniakwasser (25 proz.), Salzsäure (25-fach verdünnte oder stärkere), Chloralhydratlösung (5+2 Wasser).

III. Die Globoide werden gelöst von: Gesättigter Lösung von phosphorsaurem Natrium, Kalilauge (50 proz.), Essigsäure (1 proz.), Salzsäure (25-fach verdünnte oder stärkere), Chloralhydratlösung (5+2 Wasser).

Ich bemerke schliesslich, dass ich im Gegensatz zu Lüdtke (1891, Pg. 58—59) keine Stärke als Begleiter der Aleuronkörner des Hyoscyamus-Samens vorgefunden habe; meiner Ansicht nach hat Lüdtke entweder mit unreifen oder mit schon in Keimung begriffenen Samen operiert.

XIII. Die Alkaloide von Hyoscyamus niger, deren mikrochemischer Nachweis und deren Lagerung.

A. Die Alkaloide und der Alkaloidgehalt der Pflanze.

In den pharmacognostischen Lehrbüchern und auch sonst findet man meistens angegeben, dass Hyoscyamus niger (Herba und Semen) folgende Alkaloide enthält: Hyoscyamin ($C_{17}H_{23}NO_3$), Hyoscin und vielleicht Atropin ($C_{17}H_{23}NO_3$). Ich möchte hier darauf aufmerksam machen, dass der Name Hyoscin im Laufe der Zeit als Bezeichnung ganz verschiedener Produkte gebraucht worden ist. Ursprünglich bezeichneten Reichhardt und Höhn (1871, Pg. 104 u. f.) mit dem Namen Hyoscin ein Spaltungsprodukt des Hyoscyamins, das Tropin ($C_8H_{15}NO$). Ladenburg (1880, I. Pg. 104 und VI. Pg. 607) konstatierte die Identität zwischen Reichhardt und Höhn's Hyoscin und dem Tropin und gebrauchte nun selber den Namen Hyoscin, um dasjenige Produkt zu bezeichnen, welches man bis jetzt „Amorphes Hyoscyamin" genannt hatte und welches er als eine mit Hyoscyamin isomere Verbindung, also als einen Körper von der Formel $C_{17}H_{23}NO_{31}$ ansah (1880, VIII. Pg. 909 und 1881, XIV. Pg. 1549). E. Schmidt hat indessen nachgewiesen, dass Ladenburg's Hyoscin nicht die genannte Zusammensetzung besass, dass es aber mit einer Base von der Formel $C_{17}H_{21}NO_4$, welche er neben Hyoscyamin bei Hyoscyamus niger gefunden hatte, übereinstimmte (1892, Pg. 207). Er nannte dieses Alkaloid Scopolamin, weil er es zuerst bei der Wurzel von Scopolia atropoïdes gefunden hatte. Ob wirklich ein Hyoscin $C_{17}H_{23}NO_3$ existiert, ist bis jetzt unentschieden, Schmidt und Ladenburg haben ferner nachgewiesen (1887, Pg. 542), dass Atropin durch molekulare Umlagerung von Hyoscyamin entstehen kann, und wir wissen deshalb noch nicht, ob Atropin in der That präformiert bei Hyoscyamus niger vorkommt. Nur die drei Alkaloide: Hyoscyamin, Pseudohyoscyamin und Scopolamin können wir bis jetzt als sicher nachgewiesen betrachten.

Die Menge, in welcher die Alkaloide in den verschiedenen Teilen der Hyoscyamus-Pflanze vorhanden sind, ist besonders von Gerrard, Ransom, Beckurts und Schmidt untersucht worden. Gerrard (1890, Pag. 212) wünschte hauptsächlich zu konstatieren, ob zwischen der einjährigen und der zweijährigen Hyoscyamus-Pflanze ein Unterschied im Alkaloidgehalt bestände. Er untersuchte von den verschiedenen englischen Handelssorten je drei Proben und zwar aus sehr verschiedenen Gegenden Englands. Die Resultate enthält nachstehende Tabelle:

Art des Untersuchungsmaterials.	% Alkaloid
Wurzel der zweijährigen Pflanze im ersten Jahre. (Ende August oder Dezember gesammelt).	0,155; 0,160; 0,172 (Dezember)
Die Blätter der zweijährigen Pflanze im ersten Jahre. (Ende Juni gesammelt).	0,059; 0,066; 0,069
Blühende Spitzen der zweijährigen Pflanze im zweiten Jahre. (Juni-Juli gesammelt).	0,065; 0,067; 0,068
Blätter und blühende Spitzen der einjährigen Pflanze (Juli gesammelt).	0,064; 0,068; 0,070

Diese Resultate hat Squire (1890, Pg. 312) weiter ergänzt, indem er fand, dass kein Unterschied vorhanden ist zwischen dem Alkaloidgehalt der Blätter des zweijährigen Hyoscyamus niger im ersten und zweiten Jahre. Gerrard meint nun auf Grund seiner Resultate, es sei keine Veranlassung, die zweijährige Pflanze der einjährigen vorzuziehen, und ferner dass die Wurzel bis jetzt viel zu wenig berücksichtigt worden sei, obgleich sie viel alkaloidreicher sei als die anderen Teile der Pflanze. Ransom (1891, Pg. 149) fand in getrockneten Samen der zweijährigen Pflanze 0,058 % Alkaloid. Beckurts (1894, Pg. 750) machte nur Herba Hyoscyami (Ph. german.) zum Gegenstand seiner Untersuchungen, die er nach den folgenden 5 Methoden ausführte: A. Durch Perkolation der gepulverten Blätter mit einer Mischung von Alkohol und Chloroform, dreimaliges Ausschütteln nach Beckurts mit Chloroform; B. durch Perkolation der gepulverten Blätter mit Alkohol und Chloroform, Ausschütteln nach Beckurts mit Aether-Chloroform; C. durch Digestion mit verdünnter Schwefelsäure, dreimaliges Ausschütteln mit Chloroform; D. Digestion mit verdünnter Schwefelsäure, einmaliges Ausschütteln mit Aether-Chloroform; E. nach einem auf dem Keller'schen Princip beruhenden Verfahren. Es wurden die folgenden Mengen Atropin in Procenten erhalten:

nach	A	B.	C.	D.	E.
1.	0,097 26	0,095 37	„	„	„
2.	„	0,088 62	0,089 6	0,09	0,071 2
3.	„	0,089 59	„	„	0,072 2

Nach diesen Resultaten sind also die Mengen etwas grösser als die von Gerrard angegebenen.

Verschiedene Faktoren, wie die Jahreszeit, die kürzere oder längere Dauer der Aufbewahrung, sollen einen beträchtlichen Einfluss auf den Alkaloidgehalt ausüben. Schon Thorey (1869) und nach ihm Dragendorff (1874, Pg. 97) machten darauf aufmerksam. Letzterer untersuchte wildwachsende Exemplare von Hyoscyamus niger, welche vom 5. bis 17. Juni bei Dorpat gesammelt waren, als eben die ersten Blüten sichtbar wurden. Er fand in den Blättern 0,058 %, im Stengel 0,031 % und in den Wurzeln 0,071 % Hyoscyamin. An demselben Orte am 19. Juni und 1. Juli gesammelte Pflanzen hatten dagegen in den Blättern nur 0,015 % und in den Wurzeln 0,02 % Hyoscyamin, in den Stengeln war der Alkaloidgehalt nicht genau zu bestimmen. Bezüglich der Wurzel hat A. F. Squire (1890, Pg. 312) ähnliche Beobachtungen gemacht. Er sagt: „I may mention, that the roots collected in the spring just as the plants appeared above ground, were found to be considerable richer in alkaloid than roots from the same field collected in the previous September."

Den Einfluss der Aufbewahrung untersuchte Gerrard (1891, Pg. 148). Erstjährige Blätter von zweijährigen englischen Pflanzen (zwei Jahre altes Material) ergaben 0,039 % Alkaloid, frisches Material dagegen 0,064 %; ferner hatten die oberen Spitzen zweijähriger englischer Pflanzen im zweiten Jahre (zwei Jahre altes Material) 0,045 % Alkaloid, frisches Material 0,066 %. Es hat also ein erhebliches Sinken des Alkaloidgehalts stattgefunden.

Zur Entscheidung der Frage, ob bei der Kultivierung der Alkaloidgehalt eine Veränderung erleide, untersuchte O. Schweissinger (1891, Pg. 9) einige narcotische Pflanzen von den Rieselfeldern Berlins. Er fand, dass wildwachsende und auf den genannten Feldern cultivierte Arzneigewächse (Aconitum, Belladonna, Hyoscyamus, Datura, Stramonium) eine erhebliche Verschiedenheit im Alkaloidgehalt nicht zeigten, mit Ausnahme von Belladonna (Wildes Kraut 0,40 %, cultiviertes 0,17 % Alkaloid).

Ich unterlasse es, aus den oben citierten älteren Angaben allgemeine Schlüsse zu ziehen, denn es ist nicht sicher, ob die bisher benutzten Methoden der Alkaloidbestimmung alle genügend sichere Resultate ergeben konnten. Herr Geh. Rat Professor E. Schmidt hatte die Liebenswürdigkeit, nach einer neuen, von ihm ausgearbeiteten Methode eine Alkaloidbestimmung mit guter, von Caesar und Loretz (Halle) bezogener Blattdroge auszuführen. Er teilt mir über die Methode und die erzielten

Resultate folgendes mit[1]): „Zur Bestimmung des Alkaloidgehaltes wurden 10 gr. der feingepulverten, über Aetzkalk bis zum constanten Gewicht getrockneten Hyoscyamusblätter in einem Arzneiglase mit 90 gr. Aether und 30 gr. Chloroform übergossen, nach kräftigem Durchschütteln 10 ccm. Natronlauge von 10 Proz. zugefügt und das Gemisch hierauf unter häufigem Umschütteln 3 Stunden lang bei Seite gestellt. Alsdann wurde die Mischung mit 10 ccm. Wasser versetzt, kräftig umgeschüttelt und 1 Stunde lang zur Klärung bei Seite gestellt. Von der klaren Chloroform-Aetherlösung wurden hierauf 60 gr. (= 5 gr. Hyoscyamusblätter) durch ein trockenes, gut bedecktes Filter in ein Kölbchen filtriert, etwa die Hälfte des Lösungsmittels abdestilliert (zur Verjagung von Ammoniak etc.), der Rückstand, unter Nachspülen mit Aether, in einen Scheidetrichter gebracht und mit 10 ccm. $^1/_{100}$-Normal-Salzsäure ausgeschüttelt. Die klare, saure Flüssigkeit wurde alsdann durch ein kleines, angefeuchtetes Filter in eine Schüttelflasche von ca. 200 ccm. Inhalt filtriert, die Chloroform-Aethermischung noch dreimal mit je 10 ccm. Wasser ausgeschüttelt, diese Auszüge durch dasselbe Filter filtriert, letzteres noch mit Wasser nachgewaschen und schliesslich in den vereinigten Auszügen der Säureüberschuss mit $^1/_{100}$-Normal-Kalilauge, Jodeosin als Indicator zurücktitriert. Es wurden gefunden in den Blättern (ohne Stiele): I. 0,280 %, II. 0,276 %, in den Stielen: I. 0,369 %, II. 0,365 % Alkaloid (auf Hyoscyamin berechnet).“

B. Chemischer Nachweis der Alkaloide und Lagerung derselben im Samen.

Nur wenige Autoren haben sich mit dem mikrochemischen Nachweis und der Lagerung der Alkaloide bei Hyoscyamus niger beschäftigt. G. Clautriau (1894, Pg. 35) und in der letzten Zeit H. Barth (1898, Pg. 328) machten bei Hyoscyamus niger wie bei anderen Solanaceen nur die Samen zum Gegenstand ihrer Untersuchungen. P. Molle (1895) dagegen, der nur Repräsentanten der Familie Solanaceae behandelte, hat alle Organe der betreffenden Pflanzen untersucht. Die Resultate von Clautriau und Molle stimmen, was den Hyoscyamus-Samen anbelangt, überein. Diese Autoren meinen nämlich, dass das Alkaloid sich nur in einer Schicht zwischen Epidermis und Endosperm befindet. Sie machen aber im Gegensatz zu Barth geltend, dass Endosperm und Embryo in keinem Stadium ihrer Entwicklung Alkaloid enthalten. H. Barth meint, durch seine Reaktionen mit Jod-Jodkalium, Kaliumwismuthjodid, Kaliumquecksilberjodid, Goldchlorid + Schwefelwasserstoffwasser oder Goldchlorid + Ferrosulfatlösung, „vielleicht“ kleine Mengen von Alkaloid sowohl im Endosperm wie im Embryo nachweisen zu können. Wie wir sehen werden, stehen die Resultate meiner Untersuchungen, soweit sie den Samen betreffen, in Uebereinstimmung mit denen von Clautriau und Molle. Bezüglich anderer Punkte dagegen stimmen meine Resultate mit denen, welche Molle in seiner vorläufigen Mitteilung für die Solanaceen im allgemeinen angiebt, nicht überein.

Bei den folgenden Untersuchungen habe ich zu meiner Orientierung zuerst alle Reaktionen mit sehr verdünnten Lösungen der reinen Alkaloide durchgemacht; dann habe ich die Reagentien sowohl an Quer- als auch an Längsschnitten verwendet. Im übrigen verfuhr ich hauptsächlich nach der von Errera, Maistriau und Clautriau (1887, Pg. 6) angegebenen Methode, indem ich ziemlich dicke Schnitte (mehrere Zellschichten) benutzte und diese in einen Tropfen des betreffenden Reagens hineinlegte. Gleichzeitig machte ich mir das zu Nutze, worauf Errera (1889, Pg. 74) aufmerksam gemacht hat, beachtete, dass die Eiweisstoffe mit den meisten der allgemeinen Alkaloidreagentien dieselben Reaktionen geben wie die Alkaloide, und benutzte deshalb die von ihm (l. c., Pg. 118) empfohlene Methode, die vorschreibt, Schnitte durch $^1/_4$ bis 24-stündiges Einlegen in Weinsäurealkohol (1 : 20) zuerst von eventuellem Alkaloid zu befreien und dann zu untersuchen, ob die Reaktionen noch dieselben sind wie vor der genannten Behandlung. Ist dies der Fall, so kann kein Alkaloid anwesend gewesen sein, wenn dagegen die Reaktion entweder nicht mehr

[1]) Siehe im Uebrigen Apothekerzeitung (1900 No. 2 Pg. 13 und 14), wo Herr Prof. Schmidt die mir gemachten Angaben nochmals ausführlicher, nachträglich veröffentlicht hat.

zu Stande kommt oder offenbar weniger intensiv geworden ist, ist Alkaloid sicher in dem betreffenden Objekt vorhanden gewesen. Ist nach der obigen Behandlung eine Abnahme der Intensität der Reaktion nicht direkt am Schnitte sicher festzustellen, so steht einem immer noch der alkoholische, die Alkaloide enthaltende Auszug zur weiteren chemischen Untersuchung zur Verfügung. Ueberall habe ich, wenn auch nicht immer ausdrücklich hervorgehoben, die oben beschriebene Gegenprobe angestellt.

Meine Untersuchungen bezüglich der Samen möchte ich hier im Anschluss an diejenigen von Barth mitteilen. Ich schicke deshalb an dieser Stelle ein kurzes Referat seiner Untersuchungen voraus, welche mit unreifen Samen von Atropa Belladonna, Datura Stramonium und Hyoscyamus niger angestellt wurden, und verweise im übrigen auf die Orginalarbeit. Barth giebt an, mit folgenden Reagentien guten Erfolg gehabt zu haben, und zwar beziehen sich die Reaktionen auf alle drei oben genannten Samenspecies: I. Jodjodkaliumlösung (1—1—100) giebt in der Nährschicht (die Zellen des Integuments mit Ausnahme der äusseren Epidermis) eine starke braune Fällung, im Endosperm und Embryo eine schwach braune Färbung. In Schnitten, welche nach der Methode Erreras (1889, Pg. 118) mit Weinsäure-Alkohol behandelt waren, war die Braunfärbung bedeutend schwächer und in der Nährschicht trat keine Fällung mehr auf. II. Kaliumwismutjodid [nach Kraut (1881, Pg. 310) oder nach Dragendorff (1888) zubereitet] verhält sich analog. III. Kaliumquecksilberjodid ($HgCl_2$ 13,546 KJ 49 H_2O 1000) giebt nach Auswaschen der Schnitte und darauf folgender Zufügung von H_2S-Wasser (nach Gerock und Skippari 1892, Pg. 559) in der Nährschicht eine schwarze Fällung (Schwefelquecksilber), und im Endosperm und Embryo eine dunkle Färbung (Schwefelquecksilber). Nach der Behandlung mit Weinsäure-Alkohol treten die genannten Reaktionen nicht auf. IV. Kaliumquecksilberjodid giebt nach Auswaschen der Schnitte und Zusatz von H_2SO_4 (2 : 1) rothe Krystalle von Quecksilberbijodat, welche meistens nicht in, sondern über den Zellen auftreten, in welchen die Alkaloide zuerst mit Kaliumquecksilberjodid gefällt wurden. Die Krystalle sind sowohl über der Nährschicht als auch über dem Endosperm und dem Embryo zu finden. In mit Weinsäure-Alkohol behandelten Schnitten findet die Reaktion nicht statt. V. Goldchloridchlornatrium (1 : 20) ruft in der Nährschicht eine sehr starke Fällung hervor, während dieselbe im Endosperm und Embryo kaum zu erkennen ist. VI. Nach Behandlung mit Goldchloridchlornatrium (1 : 20), 24stündigem Auswaschen der Schnitte und nun erfolgendem Zusatz von H_2S-Wasser wurde die Nährschicht sofort schwarz (Schwefelgold), das Endosperm und der Embryo dunkelbraun (Schwefelgold). VII. Goldchloridchlornatrium (1 : 20), Auswaschen wie oben und Zusatz von Ferrosulfatlösung erzeugte in der Nährschicht sofort, allmählich aber auch im Endosperm und dem Embryo Schwärzung (metallisches Gold); die Epidermis färbte sich schwach rötlich-violett. VIII. Brom in conc. wässeriger Lösung erzeugt nach einer halben Stunde in der Nährschicht einzelne kleine Krystalle nebst gelben amorphen Klumpen. IX. benutzte Barth Joddämpfe, deren Anwendung er Pg. 266 folgendermassen beschreibt: „Jod verwendete ich in Substanz, indem ich einige Gram festes Jod auf den Boden eines kleinen Exsiccators brachte, darauf eine einige Centimeter hohe Schicht Sand schüttete, um das allzu rasche Verdunsten des Jodes zu verhüten. In dem oberen Teil des Exsiccators legte ich auf den Objektträger die Schnitte. Nach 3 bis 24 Stunden nahm ich den Objektträger heraus, fügte zu den Schnitten weisses Paraffinöl und betrachtete sie unter dem Mikroskope.“ Es zeigte sich, dass die Dämpfe in der Nährschicht eine dunkelbraune Fällung hervorbrachten. Endosperm und Embryo färbten sich nur braun, ohne einen Niederschlag erkennen zu lassen. Krystalle waren nicht bemerkbar.

Nach diesen Reaktionen schliesst Verfasser, dass sich bei den genannten Solanaceen die Hauptmenge der Alkaloide in der Nährschicht befindet, dass aber Endosperm und Embryo vielleicht Spuren von solchen enthalten und dass die Epidermis in jedem Falle alkaloidfrei ist.

Mit der Kontrolle dieser Resultate möchte ich mich aus verschiedenen naheliegenden Gründen etwas eingehender beschäftigen. Teils weil sie, wie schon gesagt, mit denjenigen anderer Forscher

(Clautriau, Molle) nicht übereinstimmen, teils weil sie sich auch auf die von mir zu untersuchenden Sem. Hyoscyami beziehen. Ausserdem hat Verfasser einige neue Reagentien und Untersuchungsmethoden (die oben mit IV, VI, VII, IX bezeichneten) in Anwendung gebracht, welche ich hier ebenfalls etwas näher berücksichtigen möchte. Ich habe mich deshalb auch nicht allein auf die Untersuchung von Sem. Hyoscyami beschränkt, sondern zur genaueren Kontrolle Sem. Stramonii mituntersucht, und zwar letztere sowohl makro- wie mikrochemisch, weil sie ein sehr zweckmässiges, grosses Object darbieten. Wie Barth benutzte ich noch nicht ganz reife Samen, von Hyoscyamus ausserdem aber völlig reife, trockene, der Droge entsprechende. Ich füge noch hinzu, dass ich im Folgenden unter Nährschicht die ganze zwischen der Epidermis und dem Endosperm liegende Zellschicht verstehe, welche bei der Samenreife mehr oder weniger obliteriert erscheint.

Mit den reinen Alkaloiden, Hyoscyamin, Scopolamin und Daturin-Atropin in schwach salzsaurer 0,5 proz. Lösung erhielt ich mit den verschiedenen, nachstehend aufgezählten Reagentien folgende Reaktionen: I. Jodjodkalium (1—1—100). Mit Hyoscyamin und Daturin einen sofort krystallinischen, doppelbrechenden Niederschlag, löslich in unterschwefligsaurem Natron; mit Scopolamin eine bräunliche, aus oelartigen Tropfen bestehende Füllung. II Kaliumwismuthjodid, nach der Vorschrift von Kraut (1881, Pg. 310) folgendermassen zubereitet: 80 gr. Bismuth. subnitric. löst man in 200 ccm Acid. nitric. sp. G, 1,18 und giesst diese Lösung unter Umschütteln in eine konzentrierte Lösung von 272 gr. Jodkalium in Wasser. Nach dem Auskrystallisieren des Salpeters und Beseitigung der Krystalle verdünnt man die Flüssigkeit auf 1 Liter. Mit Hyoscyamin und Daturin eine gelbrote, amorphe Fällung, unlöslich in Chloralhydratlösung; mit Scopolamin eine gelbrote Fällung, aus spitzen, zu sternförmigen Aggregaten vereinigten doppelbrechenden Krystallen bestehend, unlöslich in Chloralhydratlösung. III. Kaliumquecksilberjodid ($HgCl_2$ 13,54 KJ 49 H_2O 1000). Mit Hyoscyamin, Scopolamin und Daturin einen weissen, sofort krystallinischen, doppelbrechenden Niederschlag. IV. Goldchloridchlornatrium (1—20). Mit Hyoscyamin und Daturin eine weissgelbe, ölartige Ausscheidung, die bald krystallinische, doppelbrechende Blättchen bildet; mit Scopolamin einen sofort krystallinischen, doppelbrechenden, gelbroten Niederschlag. V. Bromwasser (gesättigt). Mit Hyoscyamin, Scopolamin und Daturin sofort eine krystallinische, doppelbrechende Ausscheidung. Die Empfindlichkeit hört mit einer Verdünnung der Alkaloidlösung 1—30 000 auf. VI. Bromkaliumlösung (20 proz.) mit Brom gesättigt. Mit Hyoscyamin und Daturin sofort eine sehr intensive, krystallinische, doppelbrechende Fällung; mit Scopolamin zuerst eine rotgelbe, ölartige Ausscheidung, die jedoch bald krystallinisch wird. Dieses Reagens, welches hier zum ersten Male zur Anwendung gelangt, ist ausserordentlich empfindlich. Die Reaktion ist bei einer Verdünnung der Alkaloidlösung 1—60 000 noch sehr scharf, und bei einer Verdünnung 1—100 000 sind unter dem Polarisationsmikroscope noch deutlich die Kryställchen zu erkennen. VII. Pikrinsäure (gesättigte, wässerige Lösung). Mit Hyoscyamin eine ölartige Ausscheidung, die bald krystallinisch, doppelbrechend wird und aus spitzen, zu Aggregaten vereinigten Kryställchen besteht; mit Scopolamin nur eine ölartige Ausscheidung, die sich nachträglich nicht verändert; mit Daturin sofort einen krystallinischen Niederschlag. VIII. Phosphorwolfram- und Phosphormolybdänsäure (10 proz.). Mit Hyoscyamin, Scopolamin und Daturin einen weissen, amorphen Niederschlag. Nur verhältnissmässig wenige der hier aufgeführten Reagentien eignen sich jedoch, wie wir unten sehen werden, für den mikrochemischen Nachweis und die Bestimmung des Ortes, an dem in den Geweben die hier in Betracht kommenden Alkaloide sich vorfinden.

Wie erwähnt, wurden die Sem. Stramonii zunächst einer makrochemischen Untersuchung unterworfen und zwar in folgender Weise: Die Epidermis mit der Nährschicht trennte ich leicht mit Hülfe eines Scalpels vom Endosperm; die beiden erstgenannten Partien wurden mit Essigsäure ausgezogen, die Säure nachher abgedampft und ein Tropfen Wasser hinzugesetzt. Dieser Auszug gab mit den allgemeinen Alkaloidreagentien eine sehr intensive Reaktion. Von den anderen Partien des Samens wurden aus

der Mitte kleine Würfel ausgeschnitten, so dass nur Teile des Endosperms und des Embryo's zur Untersuchung gelangten. Die Würfel von fünf in dieser Weise behandelten Samen wurden ebenfalls der obigen Behandlung unterworfen, gaben aber gar keine Reaktion. Ich untersuchte ferner die Epidermis für sich allein, nachdem ich mich durch das Mikroscop überzeugt hatte, es nur mit dieser einen Zellreihe zu thun zu haben. Auch sie gab aber keine Alkaloidreaktion. Nach diesen Ergebnissen war es also so gut wie festgestellt, dass nur die Nährschicht der Sitz der Alkaloide sein konnte. Die mikrochemische Untersuchung bestätigte dies völlig.

Diese letztere bezog sich sowohl auf Sem. Stramonii als auch auf Sem. Hyoscyami. Die Einwirkung der verschiedenen Agentien war die folgende: I. Jodjodkalium (1—1—100) gab überall in der Nährschicht eine sehr starke körnige Fällung, die sich unter dem Polarisationsmikroscope als sehr schwach doppelbrechend erwies. Endosperm und Embryo wurden selbstverständlich gelb gefärbt, was aber mit Alkaloidreaktion durchaus nichts zu thun hat, entgegen der Ansicht Barth's (Pg. 328), der angiebt, die Färbung sei in den zuerst mit Weinsäurealkohol behandelten Schnitten eine viel geringere. Ich fand übrigens, dass eine Jodjodkaliumlösung (1—1—200) ebenso gute Reaktionen gab und ausserdem die Zellmembranen und den Zellinhalt sehr viel weniger färbte, was ja nur von Vorteil sein kann. Wenn die Nährschicht schon ganz obliteriert war, trat die körnige Fällung viel besser hervor, wenn man nach dem Zusatz des Reagens den Schnitt mit Chloralhydratlösung aufhellte. II. Kaliumwismuthjodid (Kraut) soll sich nach Barth analog verhalten wie Jodjodkaliumlösung. Ich habe mit diesem Reagens nur dann zuverlässige Resultate erreichen können, wenn ich die frisch bereitete Lösung, unter Zusatz einer Spur Jodkalium, mit der 6- bis 7-fachen Menge Wassers verdünnte; unverdünnt färbt es nämlich Zellinhalt und Zellwände viel zu intensiv und trübt das ganze Bild. Ich fand nur in der Nährschicht einen gelbroten Niederschlag, welchen man nötigenfalls durch Zusatz von Chloralhydratlösung deutlicher sichtbar machen kann. Bezüglich der Färbung von Endosperm und Embryo verweise ich auf das oben bei Jod-Jodkalium Gesagte. III. Kaliumquecksilberjodid giebt über die ganze Schnittfläche hin eine graue Trübung. Nach Auswaschen und Behandlung mit H_2S-Wasser (nach Gerock und Skippari 1892, Pg. 559) wird die Nährschicht, das Endosperm und der Embryo etwas dunkler gefärbt; die Farbe ist jedoch eine sehr wenig charakteristische. Wie die makrochemische Analyse bei Datura Stramonium zeigt, kann man nach dieser Färbung des Endosperms und Embryos nicht auf die Gegenwart von Alkaloiden in diesen Geweben schliessen, wie es Barth (Pg. 328) wahrscheinlich thut, indem er sagt, es sei in mit Weinsäurealkohol behandelten Schnitten eine Reaktion mit Kaliumquecksilberjodid oder diesem Reagens und H_2S-Wasser nicht zu konstatieren. Viel eher scheint es mir, als ob Kaliumquecksilberjodid im Stande ist, auch mit anderen Inhaltsstoffen der Zellen als blos mit Alkaloiden einen Niederschlag zu erzeugen, und dass diese Stoffe dann solche sind, die sich mit Weinsäurealkohol ausziehen lassen. IV. Kaliumquecksilberjodid, mit Zusatz von Schwefelsäure (2 : 1) (nach den Angaben Barth's, Pg. 262) erzeugt, nachdem der Ueberschuss vom erstgenannten Reagens ausgewaschen ist, schöne rote Krystalle, die aber leider meist ausserhalb der Zellen zu finden sind und sowohl in der Nährschicht als auch im Endosperm, Embryo und in der Epidermis auftreten. Barth sagt (Pg. 262), dass die Krystalle meistens nicht in, sondern über denjenigen Zellen auftreten, in welchen die Alkaloide zuerst mit Kaliumquecksilberjodid gefällt wurden. Er will also damit gesagt haben, dass auch Endosperm und Embryo Alkaloid enthalten. Ich verweise hier bezüglich Sem. Stramonii wieder auf die makrochemische Untersuchung und ausserdem auf die Reaktionen mit Jodjodkalium und Kaliumwismuthjodid, aus denen folgt, dass die obengenannten Krystalle sich nicht nur an der Stelle bilden, wo der ursprüngliche Sitz der Alkaloide ist, sondern ganz regellos überall. H. Barth giebt ferner an, dass sie am zahlreichsten über der Nährschicht auftreten. Dies habe ich erstens nicht bestätigt gefunden und zweitens muss doch ein Alkaloidreagens, welches die Eigenschaft zeigt, erst ausserhalb der Zelle zur Wirkung zu gelangen, schon von vornherein dort als ziemlich un-

brauchbar angesehen werden, wo es sich um Bestimmung des Sitzes der Alkaloide handelt. V. Goldchloridchlornatrium (1 : 20) bringt eine Gelbfärbung in der Nährschicht im Endosperm und im Embryo hervor; dagegen habe ich einen Niederschlag kaum wahrnehmen können. Ich versuchte sowohl hier, wie bei den nächstfolgenden zwei Methoden, das Goldchloridchlornatrium längere oder kürzere Zeit, im Ueberschuss oder auch nur tropfenweise auf das Objekt einwirken zu lassen. Das Resultat blieb aber in allen Fällen, wie oben gesagt, ziemlich negativ, so dass das Reagens überhaupt nicht günstig für den Nachweis der Solanaceen-Alkaloide in den Geweben zu sein scheint, obgleich es mit den reinen isolierten Alkaloiden eine sehr schöne Fällung giebt. VI., VII. Goldchloridchlornatriumlösung (1 : 20), demnächst 24-stündiges Auswaschen der Schnitte und dann entweder H_2S-Wasser oder Ferrosulfatlösung hinzugefügt, um das Gold als Schwefelgold bezw. metallisches Gold auszufällen. Barth (Pg. 265) hat zuerst diese Combinationen in Anwendung gebracht und giebt an (Pg. 329), hiermit eine Schwarzfärbung der Nährschicht und eine Braun- bezw. Schwarzfärbung des Endosperms und Embryo's erzeugt zu haben. Mit Goldchloridchlornatrium allein hat er indessen im Endosperm und Embryo, wie er selber sagt, kaum eine Fällung erkennen können und schliesst trotzdem nach den oben erwähnten Färbungen auf Alkaloidgehalt auch in letztgenannten Geweben; allerdings sagt er nur, es finde sich „vielleicht" eine Spur darin. Wenn aber diese Methoden überhaupt zuverlässig wären, müssten Endosperm und Embryo nicht nur Spuren, sondern der Färbung nach, sogar ganz beträchtliche Mengen von Alkaloid enthalten. Durch meine Untersuchungen bin ich der Ansicht geworden, dass das, was Barth hier nachgewiesen hat, viel eher an andere Stoffe mehr oder weniger fest gebundenes Goldchloridchlornatrium gewesen ist und, dass also der nicht an Alkaloid gebundene Teil dieses Reagens nicht so einfach durch Auswaschen zu beseitigen ist. Hierauf deutet auch die Angabe Barth's hin, dass sogar die Epidermis rötlich-violett gefärbt wurde. Ferner fand ich, dass die Schnitte jedenfalls vor dem Lichte geschützt auszuwaschen sind, um eine Reduktion so weit wie möglich zu vermeiden. Trotz dieser Vorsichtsmassregel tritt eine solche allmählig teilweise ein, und zwar am stärksten im Endosperm und Embryo. Wenn man jetzt, nach Verlauf der vorgeschriebenen 24 Stunden, H_2S-Wasser oder Ferrosulfatlösung zusetzt, erhält man allerdings einen dunklen Niederschlag, aber aus der nun vorhandenen Färbung kann man schon deshalb keinen Schluss ziehen, weil man nicht weiss, wie viel von dieser Färbung auf Rechnung des vom Lichte reduzierten Goldes und auf Rechnung des aus unausgewaschenem Goldchloridchlornatrium entstandenen Schwefelgoldes bezw. metallischen Goldes zu setzen ist. Zur Anwendung bei Sem. Stramonii und Sem. Hyoscyami kann ich deshalb diese beiden Methoden nicht empfehlen. VIII. Brom in concentrierter oder noch besserer gesättigter Lösung giebt in der Nährschicht kleine Kryställchen, die jedoch sehr wenig stabil sind, sich leicht entfärben und dann in Lösung gehen. Man kann die Kryställchen einige Zeit erhalten, wenn man das Deckgläschen mit einem Wachsrand umgiebt. IX. Joddämpfe, nach der schon beschriebenen Methode von Barth angewendet, haben auch bei meinen Versuchen ganz gute Resultate gegeben. In der Nährschicht bekam ich einen dunkelbraunen Niederschlag. X. Bromkaliumlösung (20 proz.) mit Brom gesättigt. Dieses Reagens, welches meines Wissens früher nicht versucht worden ist, ist von ausserordentlicher Empfindlichkeit den Hyocyamus- und Datura Stramonium-Alkaloiden gegenüber. So z. B. übersteigt die Empfindlichkeit diejenige gesättigten Bromwassers um das drei- bis vierfache, und es lassen sich, wie schon erwähnt, die reinen Alkaloide in einer Verdünnung 1 : 100000 mit Leichtigkeit nachweisen, und zwar in Form schön ausgebildeter Krystalle. Auch innerhalb der Zellen werden die Alkaloide krystallinisch ausgefällt, und zwar am schönsten, wenn man das Deckgläschen mit einem Wachsrand umgiebt. Das Brom ist nämlich in den Krystallen nicht besonders fest gebunden und entweicht ziemlich leicht, wodurch diese in Lösung gehen. In Zellen, in die das Reagens erst nach und nach eindringen kann, entstehen die Krystalle selbstredend erst nach einiger Zeit, sind aber dann auch von ganz beträchtlicher Grösse. Bei gekreuzten Nicols waren sie in allen Fällen intensiv doppelbrechend und deshalb in den Geweben sehr

leicht aufzufinden. Aus allen diesen Gründen ist das Reagens bei mikrochemischen Untersuchungen auf Hyoscyamin, Scopolamin und Atropin sehr zu empfehlen. Ich habe bei diesen Untersuchungen die Krystalle nur in der Nährschicht bekommen, und zwar innerhalb der Zellen so gut wie überall. Ich kann mich deshalb M. Elfstrand nicht anschliessen, wenn er in seiner Arbeit (1895, Pg. 121) sagt: „Erstens habe ich niemals mit irgend einem Fällungsreagens eine krystallinische Fällung in einer Zelle erhalten, wenn auch die auf makrochemischem Wege erhaltene Fällung in der Regel krystallinisch ist. Dies gilt sicher für die meisten Alkaloide. Nur ein so äusserst leicht krystallisierendes Alkaloid wie Berberin dürfte eine Ausnahme von dieser Regel bilden.“ XI. Pikrinsäure (gesättigte, wässerige Lösung) giebt in den Geweben keine Reaktion; wahrscheinlich ist die Empfindlichkeit des Reagens zu schwach; es erzeugt mit den reinen Alkaloiden nur noch einen Niederschlag bis zu einer Verdünnung von etwa 1 : 300. XII. Phosphormolybdän- und Phosphorwolframsäure (10-proz. wässrg. Lösung) trüben das ganze Bild, und weil ferner die Farbe und das sonstige Aussehen des weissgrauen Niederschlags so wenig charakteristisch ist, lässt sich mit diesen beiden Reagentien die Lagerung der Alkaloide nicht bestimmen.

Wie ersichtlich, habe ich also nur mit den unter I, II, VIII, IX, X aufgeführten Reagentien guten Erfolg gehabt, und nur sie scheinen sich also für die hier in Betracht kommenden Alkaloide zu eignen. Bei allen folgenden Untersuchungen habe ich ebenfalls nur mit den genannten Reagentien ein gutes Resultat erhalten. Man sieht ferner, dass ich, in Uebereinstimmung mit anderen Autoren (Clautriau, Molle), das Alkaloid bei Sem. Stramonii und Sem. Hyoscyami ausschliesslich in der Zellschicht zwischen der Epidermis und dem Endosperm gefunden habe. Zu demselben Resultat ist Clautriau bezüglich der Samen von Atropa Belladonna gelangt.

Betrachtet man ganz junge, noch nicht fertig entwickelte Samen, die jedoch schon ein ganz bedeutendes Endosperm besitzen, so findet man das Alkaloid im Integument, auch in dessen Epidermis und in den Nucelluszellen ausserhalb des Embryosacks. Wie gezeigt, verschwindet also bei der weiteren Entwicklung des Samens das Alkaloid völlig aus der Epidermis.

Bei den Samenknospen findet man das Alkaloid nur in der äusseren Epidermis des Integuments und in der innersten an den Embryosack angrenzenden Zellreihe.

Es nimmt also im Laufe der Entwickelung des Samens zunächst die Menge der alkaloidführenden Zellen zu, um bei der Reife wieder etwas abzunehmen.

C. Lagerung der Alkaloide im Fruchtknoten.

Sehr viel Alkaloid fand ich in den beiden Epidermen der Fruchtknotenwand, sonst aber auch Alkaloid überall in dem dazwischen liegenden Gewebe, sowie in den Placenten.

D. Lagerung der Alkaloide im Perianth.

Das Kelchblatt enthält Alkaloid in den Parenchymzellen, welche in der Nähe der Siebstränge liegen. Dagegen erhielt ich, im Gegensatz zu P. Molle (1895, Pg. 12), weder beim Kelchblatt noch beim Kronenblatt einen Alkaloidniederschlag in der Epidermis. Auf einem Querschnitte durch die Kronenröhre lassen sich die Alkaloide sehr leicht nachweisen, und zwar in dem Parenchym, welches um die Gefässe herum liegt.

E. Lagerung der Alkaloide im Laubblatte.

Bei älteren, völlig ausgewachsenen Blättern erhält man Alkaloidniederschläge in den Bündelstrahlen der Leitbündel, im Siebstrangparenchym und oft, jedoch nicht immer, in den in der Nähe der Siebstränge liegenden Parenchymzellen. In den Siebröhren und in den Geleitzellen habe ich Alkaloid nicht nachweisen können. In ganz jungen Blättern scheint der Alkaloidgehalt relativ grösser zu sein als in älteren, denn man findet hier das Alkaloid, ausser in den oben genannten Gewebepartien, fast

überall im Mesophyll verbreitet. In keinem Falle habe ich wie P. Molle (1895, Pg. 12) einen Alkaloidniederschlag in der Epidermis des Laubblattes wahrgenommen.

F. Lagerung der Alkaloide in der secundär verdickten Achse.

In der Epidermis erhielt ich in einzelnen Zellen mit Jodjodkalium eine sehr schwache, nur auf eine Spur von Alkaloid deutende Reaktion. Unter Anwendung meiner Methode (Bromkaliumlösung, mit Brom gesättigt) traten grosse, wohl ausgebildete Krystalle auf, jedoch nur ziemlich vereinzelt. Deswegen, und weil man ziemlich dicke Schnitte benutzen muss, thut man am besten, die stark doppelbrechenden Krystalle mit dem Polarisationsmikroscop aufzusuchen. In der primären Rinde enthalten einige Parenchymzellen ganz beträchtliche Mengen von Alkaloid, andere weniger oder gar nichts; überhaupt ist es hier ganz unregelmässig verteilt. In den Rindensträngen befindet sich das Alkaloid unregelmässig verteilt im Parenchym; am meisten enthalten die den eigentlichen Siebelementen zunächst liegenden Zellen. Bei den inneren, an das Mark grenzenden Siebsträngen ist die Verteilung dieselbe. In den Siebröhren und den Geleitzellen selber war kein Alkaloidniederschlag wahr zu nehmen. In den Markstrahlen von Rinde und Holz traten in den meisten Zellen starke Alkaloidniederschläge auf. Das Mark enthält sehr reichliche Alkaloidmengen, jedoch in unregelmässiger Verteilung. Es scheint, als ob die Alkaloide mit dem Abstand von den Siebsträngen an Menge abnehmen. Aus dem hier Gesagten sieht man, dass ich mit P. Molle nicht in Uebereinstimmung bin, wenn er (1895, Pg. 11) sagt: „La differenciation des tissus de la tige est accompagnée de la localisation de l'alcaloide suivant trois surfaces concentriques dont la plus exterieure comprend l'épiderme et les deux autres constituent une double gaîne qui limite de part et d'autre l'anneau fibrovasculaire. Cette localisation toutefois n'est pas absolue et l'on passe souvent par une transitition insensible des régions où l'alcaloide est accumulé à celles qui en sont totalement dépourvues."

G. Lagerung der Alkaloide in der secundär verdickten Wurzel.

In der Korkschicht befinden sich nur äussert geringe Alkaloidmengen, etwas mehr treffen wir in den Phellodermzellen, die Hauptmenge jedoch im Phellogen, und zwar auf alle Zellen fast regelmässig verteilt. In diesen drei Geweben erhalten wir den am besten zu beobachtenden Niederschlag mit Kaliumwismuthjodid, weil wir bei der Anwendung dieses Reagens im Stande sind, die Zellen mittelst Chloralhydrat aufzuhellen, ohne den Niederschlag zu lösen. Ueberall in den Rindensträngen, mit Ausnahme der Siebröhren und der Geleitzellen, habe ich Alkaloidniederschläge in unregelmässiger Verteilung erhalten. Gegen die Peripherie zu scheinen die Alkaloide jedoch am reichlichsten aufzutreten. Wir erhalten hier leicht viele und schöne Krystalle mit Brom oder Bromkaliumlösung + Brom. In den Kambiumzellen war kein Alkaloid nachzuweisen. Die Markstrahlen der Rinde enthalten in regelmässiger Verteilung sehr viel, die des Holzes dagegen gar kein Alkaloid.

XIV. Das fette Oel des Hyoscyamus Samens.

Das Oel ist hauptsächlich von den vier Forschern Kirchhof, Brandes, Schwanert und Mjöen untersucht worden; sie gelangten jedoch, wie wir sehen werden, nicht zu ganz übereinstimmenden Resultaten.

Kirchhof (1816, Pg. 128 und 129) erhielt durch Auspressen der Samen 12 % eines grünlichgelben, etwas ranzig riechenden und schmeckenden Oels vom spez. Gew. 0,913. Beim Ausziehen mittelst Aether und absoluten Alkohols bekam er eine Oelmenge von 15 % (Pg. 133 und 143); das Oel trocknete an der Luft aus.

Nach Brandes (1821, Pg. 74) sollen Sem. Hyoscyami 19,6 % leicht und 4,6 % schwer in Weingeist lösliches fettes Oel enthalten. Er beschreibt (Pg. 43) letzteres als farbloses, ziemlich dünn-

flüssiges, geruchloses und milde schmeckendes, fettes Oel von 0,913 spez. Gew., welches sich noch nicht ganz in 60 Teilen kaltem, absolutem Weingeist, reichlich in Aether löst. Das in Alkohol leichtlösliche Oel war hellbläulichgrün, von etwas scharfem Geruch und Geschmack und in Aether leichtlöslich. Verfasser lässt es unentschieden, ob es ein trocknendes Oel ist, wie von Kirchhof behauptet wurde.

Schwanert (1894) untersuchte das mit siedendem Weingeist ausgezogene Oel, welches er folgendermassen beschreibt: Das Oel ist klar, schwach gelblichgrün gefärbt, neutral, geruchlos, schmeckt milde, indifferent, besitzt 0,9291 spez. Gew. bei 15°, löst sich bei gewöhnlicher Temperatur in 48,6 Teilen 94 proz., in 17 Teilen absolutem Alkohol, in noch weniger siedendem Alkohol und sehr leicht in Aether. Hauptsächlich besteht es aus Oleïn, enthält wenig Palmitin und Spuren färbender Stoffe. Das Oel enthält nicht wie dasjenige der Datura Stramonium-Samen Daturinsäure. Ferner ist Leinölsäure, welche in trocknenden Oelen vorkommt, nicht vorhanden. Allerdings wird Bilsensamenöl, wenn es auf einer Glasscheibe in dünner Schicht der Luft bei gewöhnlicher Temperatur, oder bei 40—50° ausgesetzt wird, allmählig zähe, giebt zuletzt eine leimähnliche, schneidbare Masse, wird aber nicht ganz hart. Es ist deshalb kein eigentlich trocknendes Oel, zumal es auch beim Einwirken von salpetriger Säure grösstenteils in festes, weisses Elaidin übergeht, das aus Leinsäureglycerid enthaltenden Oelen nicht entsteht. Als Jodzahl fand er nach den Methoden von Hübl und Gauntter 156,25 bezw. 64,48.

Mjöen (1896) hat zwei Oelproben verschiedener Provenienz untersucht. Die eine war von den Herren Dr. Weppen und Lüders in Blankenburg a. H. als Nebenprodukt bei der Extraktdarstellung gewonnen, die andere war von Herrn Geheimrat Prof. E. Schmidt in Marburg aus Hyoscyamus-Samen dargestellt. Die beiden Proben trockneten an der Luft ebenso rasch ein wie Leinöl. Beide waren ferner in Aether und Chloroform leicht löslich; bei gewöhnlicher Temperatur löste sich 1 Teil Oel in 56 Teilen absolutem Alkohol und in 200 Teilen 90% Alkohol. Das spez. Gew. war 0,939, Säurezahl = 7,9, Verseifungszahl = 170,8. Bei der Elaidinprobe blieb das Oel flüssig. Hehnersche Zahl = 94,7, Reichert-Meissl'sche Zahl = 0,99, Jodzahl = 138, Acetylzahl = 0, mithin waren weder Oxyfettsäuren noch Diglyceride zugegen. Beim Abkühlen wird das Oel allmählig dickflüssiger und scheidet bei + 1,5° C. Glyceride ab. Bei — 1° wird das Oel ganz fest. Bei der chemischen Untersuchung fand Mjöen das Oel aus einem Gemisch von Glyceriden der Oelsäure (die Hauptmenge), einer unbekannten ungesättigten Säure und ferner solchen der Palmitinsäure bestehend.

Das von Mjöen untersuchte Oel aus Blankenburg war wahrscheinlich durch Ausziehen mit ziemlich verdünntem Alkohol gewonnen. Herr Geheimrat Schmidt hat mir mitgeteilt, dass das Herrn Mjöen zur Disposition gestellte Oel durch Ausziehen der Samen mit etwa 90% Alkohol gewonnen war. Die drei von Schwanert und Mjöen untersuchten Oelproben waren also alle mittels Alkohol ausgezogen, trotzdem aber in höchst verschiedener Weise dargestellt, und man darf sich durchaus nicht wundern, wenn die Untersuchungen nur darin übereinstimmen, dass das Oel Olein und Palmitin enthält. Denn mit der Concentration und der Temperatur des angewendeten Alkohols variiert selbstredend der Auszug in demselben Grade wie die Löslichkeit der ölbildenden Säuren und deren Glyceride in Alkohol zu variieren vermag. Will man für die Untersuchung das Oel von Sem. Hyoscyami rationell darstellen, so dass das Produkt dieselbe Zusammensetzung besitzt, wie es in den Endosperm- und Embryozellen der Fall ist, so muss man entweder Extractionsmittel wie Schwefelkohlenstoff oder Petroleumaether verwenden, oder das Oel durch Auspressen der Samen gewinnen. Nur dann erhält man ein mit Recht mit dem Namen Ol. Hyoscyami zu belegendes Produkt. Schliesslich bemerke ich noch, dass ein mir zur Verfügung gestelltes Oel, welches angeblich durch Auspressen gewonnen ist, von gelblicher Farbe und in 55 Teilen absolutem Weingeist, ferner in Chloroform, Aether, Benzol, Petroleumäther, Schwefelkohlenstoff, Eisessig und Chloralhydratlösung (5 + 2 Wasser) löslich war. An der Luft trocknete es vollständig ein, und blieb bei der Elaidinprobe flüssig. Die Oelmenge beträgt nach Untersuchungen von Ransom (1891, Pg. 149) 18,8% vom spez. Gew. 0,935.

Litteratur-Verzeichnis.

Ambronn, H., Ueber die Entwicklungsgeschichte und die mechanischen Eigenschaften des Collenchyms; Pringsheim's Jahrb. Bd. XII, p. 473, 1879—81.

I. Archangeli, G., Sulla Polvere Cristallina E Sulle Druse D'Ossalato Calcico; Nuovo Giornale Botanico Italiano, vol. 23, p. 489, 1891.

II. Archangeli, G., Sull' Ossalato Calcico Crytocristallino; Nuovo Giornale Botanico Italiano, vol. 23, p. 367, 1891.

Barth, Hermann, Studien über den mikrochemischen Nachweis von Alkaloiden in pharmaceutisch verwendeten Drogen; Botan. Centralblatt, Bd. LXXV, No. 8—13, 1898.

de Bary, A., Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne, Leipzig 1877.

Beauvisage, Fasc. criblés enclavés dans le bois sec. de la Belladonne; Journal de bot. t. V, p. 161, 1891.

Beckurts, H., Ueber die Werthbestimmung von Drogen und daraus hergestellten Präparaten; Apoth. Zeitung Nr. 78, p. 750, 1894.

Brandes, Chemische Untersuchung des Bilsensamens; Trommsdorff: Neues Journal der Pharmacie. Bd. 5, p. 35, 1821.

Braun, A., Referat und Kritik der Inaug. Dissert. von Franz Huisgen: Untersuchung über die Entwicklung der Placenten; Verhandlg. des bot. Vereins der Provinz Brandenburg, Jahrg. XVI, p. 45 u. f., Berlin 1874.

Čelakovský, Ladislav. Vergleichende Darstellung der Placenten in den Fruchtknoten der Phanerogamen; Abhandlg. der kgl. böhmischen Ges. der Wissenschaften, VI. Folge, Bd. VIII, Prag 1877.

Clautriau, G., Localisation et signification des alcaloides dans quelques grains; Ann. de la société belge de microscopie t. 18, p. 35—54, 1894.

I. Dragendorff, Ueber die Variation des Alkaloidgehalts nach der Jahreszeit; Wiggers und Husemann's Jahresb. d. Pharmacognosie etc. p. 97, 1874.

II. Dragendorff, Die gerichtlich-chemische Ermittelung von Giften; Göttingen 1888.

I. Eichler, A. W., Zur Entwicklungsgeschichte des Blattes, mit besonderer Berücksichtigung der Nebenblattbildungen; Marburg 1861.

II. Eichler, A. W., Blüthendiagramme I; Leipzig 1875.

III. Eichler, A. W., Einige Bemerkungen über den Bau der Cruciferenblüte und das Dédoublement; Flora, p. 96, 1869.

Elfstrand, Mårten, Studier öfver Alkaloidernes Lokalisation företrädesvis inom Familjen Loganiaceae; Upsala 1895.

Elliot-Scott, G. F., Flora von Dumfriesshire; Dumfries 1896.

I. Errera, L., Maistriau, Clautriau, G., Premières recherches sur la localisation et la signification des alcaloides dans les plantes; Extrait du journal publié par la société royale des sciences médicales et naturelles de Bruxelles. 1887.

II. Errera, L., Sur la distinction michrochimique des alcaloides et des matières protéiques; mém. d. l. soc. belge de microscopie t. XIII. 2e fasc., 1889.

Fedde, Friedrich, Beiträge zur vergleichenden Anat. der Solanaceae; Dissertation Breslau, 1896.

Fischer, Hugo, Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pollenkörner; Dissert. Breslau, 1890.

Flahault, Recherches sur l'accroissement. terminal de la racine chez les Phanérogames; Ann. d. sc. nat. bot., sér. 6, t. VI, Paris 1878.

Fritzsche, Ueber den Pollen; Mém. présentés à l'académie imp. d. sciences d. St. Pétersbourg; t. III p. 649 Petersburg 1837.

Gerock u. Skippari, Ueber den Sitz der Alkaloide in Strychnossamen; Arch. d. Pharmacie. Bd. 230, p. 555, 1892.

I. Gerrard, A. W., The Alkaloidal Value of Annual and Biennial Henbanes; Pharmaceutical Journal and Transactions, p. 212, 1890.

II. Gerrard, A. W., Henbane Alkaloidal Value; Pharmaceutical Journal and Transactions, p. 148, 1891.

Godfrin, Recherches sur l'anatomie comparée des cotyledons et de l'albumen; Ann. d. sc. nat. bot. sér. 6. t. XIX, p. 5. Paris 1884.

I. Goebel, K., Ueber die Verzweigung dorsiventraler Sprosse; Arbeiten des bot. Instituts Würzburg. Bd. II, p. 353. Leipzig 1882.

II. Goebel, K., Ueber die dorsiventrale Inflorescenz der Boragineen; Flora Nr. 27, p. 419, 1880.

III. Goebel, K., Referat der Schumann'schen Untersuchungen über das Borragoid; Flora, p. 82, 1889.

Haberlandt, G., Physiologische Pflanzenanatomie, Leipzig 1896.

Halsted, D., Byron, Notes upon the stamens of Solanaceae; Botanical Gazette, vol. XV. p. 103, Crawfordsville (Indiana) 1890.

Hanausek, Ueber die Samenhautepidermis der Capsicum Arten; Ber. d. deutsch. bot. Ges., p. 329, 1888.

Hartwich, C., Ueber die Samenschale der Solanaceae; Vierteljahrschr. d. naturf. Ges. in Zürich, p. 366, 1896.

Hiller, G. H., Untersuchungen über die Epidermis der Blütenblätter; Pringsheim's Jahrb., Bd. XV, 1884.

Hoch, F. A., Vergleichende Untersuchungen über die Behaarung unserer Labiaten, Scrophularineen und Solaneen; Inaug. Dissert. Freiburg i. B. 1886.

Huisgen, Franz, Untersuchungen über die Entwicklung der Placenten; Inaug. Dissert. Bonn. 1873.

v. Höhnel, Ueber den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt; Sitzungsber. d. kaiserl. Akademie d. Wissenschaften, Bd. LXXVI, p. 507, Wien 1878.

Kerner, Anton, Pflanzenleben. Bd. II, 1891.

Kirchhof, G. F., Botanisch-chemisch-pharmaceutische Abhandlung über den Samen des schwarzen Bilsenkrauts; Berlinisches Jahrbuch für die Pharmacie, p. 114, 1816.

Klebs, Georg, Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung; Untersuchungen aus dem bot. Institut zu Tübingen, p. 536, Leipzig 1881—85.

Knuth, Paul, Handbuch der Blüthenbiologie. Bd. II$_2$, p. 133, Leipzig 1899.

Koschewnikow, D., Zur Anatomie der corollinischen Blütenhüllen; Schriften d. neurussisch. Ges. der Naturf. Bd. VIII. Heft I, Odessa 1882; Ref. Just's bot. Jahresb., 1885 I, p. 813.

Kraus, G., Ueber den Aufbau wickeliger Verzweigungen, besonders der Inflorescenzen; Bot. Zeitung, p. 119, 1871.

Kraut, K., Jodwismuthverbindungen organischer Basen; Liebig's Annalen der Chemie, Bd. 210, p. 310, 1881.

I. Ladenburg, A., Künstliche Alkaloide; Ber. d. deutsch. chem. Ges. I, 1880.

II. Ladenburg, A., Beziehungen zwischen Hyoscyamin und Atropin und Umwandlung des einen Alkaloids in das andere; Ber. d. deutsch. chem. Ges. VI, 1880.

III. Ladenburg, A., Die Alkaloide aus Belladonna, Datura, Hyoscyamus und Duboisia; Ber. d. deutsch. chem. Ges. VIII, 1880.

IV. Ladenburg, A., Ueber das Hyoscin; Ber. d. deutsch. chem. Ges. XIV, 1881.

Lohde, G., Ueber die Entwicklungsgeschichte und den Bau einiger Samenschalen; Inaug. Dissert., Leipzig 1874.

I. Lüdtke, Franz, Beiträge zur Kenntniss der Aleuronkörner; Pringsheim's Jahrb., Bd. XXI, 1890.

II. Lüdtke, Franz, Ueber die Beschaffenheit der Aleuronkörner einiger Samen; Ber. d. pharm. Ges., p. 53–59, 1891.

Marloth, Rudolf, Ueber mechanische Schutzmittel der Samen gegen schädliche Einflüsse von aussen; Englers Jahrb. IV, Heft III, p. 225—265, 1883.

Martinet, M. J., Organes de sécrétion des végétaux; Ann. d. sc. nat. bot. sér. 5. t. XIV. p. 91, Paris 1872.

Martius, Flora brasiliensis, vol. X, fasc. VI, 1846.

Meyer, Adolf, Anatomische Charakteristik officineller Blätter und Kräuter; Halle 1882.

I. Meyer, Arthur, Wissenschaftliche Drogenkunde I, II; Berlin 1892.

II. Meyer, Arthur, Erstes mikroscopisches Practicum; Jena 1898.

III. Meyer, Arthur und Schumann, K.: Berg und Schmidt's Atlas der officinellen Pflanzen, Bd. I, zweite Auflage; Leipzig 1893.

IV. Meyer, Arthur, Untersuchungen über die Stärkekörner, Jena 1895.

Mjöen, Alfred, Zur Kenntnis des fetten Oels aus dem Samen von Hyoscyamus niger; Arch. d. Pharmacie, p. 286, 1896.

Moeller, Jos., Lehrbuch der Pharmacognosie; Wien 1889.

Molle, Ph. La localisation des alcaloides dans les Solanacées; Extrait du bulletin de la société belge de microscopie t. XXI, 1895.

Müller, Hermann, Befruchtung der Blumen durch Insekten; p. 275—76, Leipzig 1873.

Payer, J. B., Traité d'organogénie comparée de la fleur; Paris 1857.

Petersen, O. G., Ueber das Auftreten bicollateraler Gefässbündel in verschiedenen Pflanzenfamilien, und über den Werth derselben für die Systematik; Engler's Jahrb., Bd. III, p. 359, 1882.

Petit, Louis, Le pétiole des Dicotylédones au point de vue de l'anatomie comparée et de la taxinomie; Mém. d. l. soc. d. sciences phys. et nat. de Bordeaux, sér. 3, t. III, 1887.

Pfeffer, Untersuchungen über die Proteinkörner und die Bedeutung des Asparagins beim Keimen der Samen; Pringsheim's Jahrb. Bd. VIII, p. 429, 1872.

Planchon, G. et Collin, E., Les drogues simples d'origine végétale; Paris 1895.

Prantl, K., Studien über Wachsthum, Verzweigung und Nervatur der Laubblätter, insbesondere der Dicotylen; Ber. d. deutsch. bot. Ges., p. 280, 1883.

Radlkofer, L. Ein Beitrag zur africanischen Flora; Abh. des naturw. Vereins zu Bremen, Bd. VIII. p. 369, 1884.

Ransom, F., Constituents of Henbane Seed; Pharmaceutical Journal and Transactions, p. 149, 1891.

Reichardt und Hoehn, Ueber Gewinnung und Zusammensetzung des Hyoscyamins; Ann. d. Chemie und Pharmacie Bd. 157, p. 98, 1871.

I. Sablon, Leclere du, Recherches sur la déhiscence des fruits à pericarpe sec; Ann. d. sc. nat. bot., sér. 6, t. XVIII, p. 6, Paris 1884.

II. Sablon, Leclere du, Recherches sur la structure et la déhiscence des anthères; Ann. d. sc. nat. bot., sér 7, t. I. p. 97, Paris 1885.

Schimper, A. F., Untersuchungen über die Proteinkrystalloide der Pflanzen; Dissert. Strassb. 1878.

Schlepegrell, G. von, Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Tubifloren; Bot. Centralblatt, Bd. XLIX, No. 7, 1892.

I. Schmidt, E., Ueber Scopolia Alkaloide; Pharm Zeitg., p. 542, 1887.

II. Schmidt, E., Ueber Scopolamin (Hyoscin); Arch. d. Pharmacie, p. 207, 1892.

I. Schumann, K., Untersuchungen über das Borragoid; Ber. d. deutsch. bot. Ges., Bd. VII, p. 53, 1889.

II. Schumann, K., Neue Untersuchungen über den Blütenanschluss; Leipzig 1890.

Schwanert, H., Oel der Samen von Bilsenkraut; Arch. d. Pharmacie, p. 130, 1894.

Schweissinger, O., Ueber den Alkaloidgehalt der narcotischen Pflanzen bei der Cultivierung; Jahresb. d. Pharmacognosie etc., p. 9, 1891.

Schwendener, S., Ueber d. Oeffnungsmechanismus der Antheren; Sitzungsber. d. kgl. preussisch. Akad. d. Wissenschaften, Berlin 1899.

Solereder, Hans, Systematische Anatomie der Dicotyledonen, Stuttgart 1898—99.

Sprengel, C. K., Das entdeckte Geheimniss der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen; p. 124—125, Berlin 1793.

Squire, Hyoscyamus; Pharmaceutical Journal and Transactions, p. 312, 1890.

I. Steinbrinck, Carl, Untersuchungen über die anatomischen Ursachen des Aufspringens der Früchte; Inaug. Dissert., Bonn 1873.

II. Steinbrinck, Carl, Ist die Cohäsion des schwindenden Füllwassers der dynamischen Zellen die Ursache der Schrumpfungsbewegungen von Antherenklappen, Sporangien und Moosblättern? Ber. d. deutsch. bot. Ges., p. 97—103 incl., 1898.

III. Steinbrinck, Carl. Ueber den hygroscopischen Mechanismus von Staubbeuteln und Pflanzenhaaren; Sonderabdr. aus der Festschrift für Schwendener, Berlin

Thorey, Ueber die Variation des Alkaloidgehalts nach der Jahreszeit; Jahresb. der Pharmacognosie etc., p. 55, 1869.

Tieghem, Ph. van, Recherches sur la disposition des radicelles et des bourgeons dans les racines des Phanérogames; Ann. d. sc. nat. bot., sér. 7, t. V, p. 130, Paris 1887.

Toni, J. B. de, und Paoletti, Julius, Beitrag zur Kenntnis des anatomischen Baues von Nicotiana Tabacum L.; Ber. d. deutsch. bot. Ges., Gen.-Vers. Heft, p. 42—50, 1891.

Tschirch und Oesterle, Anatomischer Atlas der Pharmacognosie und Nahrungsmittelkunde; Leipzig, 1895 u. 1900.

I. Vesque, Julien, Mémoire sur l'anatomie comparée de l'écorce; Ann. d. sc. nat. bot., sér. 6, t. I. II, Paris 1875.

II. Vesque, Julien, Caractères des principales familles des gamopétales tirés de l'anatomie de la feuille; Ann. d. sc. nat. bot., sér. 7. t. I, Paris 1885.

Vines, On the proteid substances contained in the seeds of plants; Journal of Physiology, vol. III, No. 2, 1880—82.

Vogel, Anatomischer Atlas, 1887.

I. Warming, E., Nogle Bemærkninger om Scopolia atropoïdes og andre Solaneer; Botanisk Tidsskrift, p. 39 u. f. Kopenhagen 1869.

II. Warming, E., Forgreningsforhold hos Fanerogamerne; Kopenhagen 1872.

Warnstorff, C., Blütenbiologische Beobachtungen aus der Ruppiner Flora im Jahre 1895; Verhandlung des bot. Vereins der Provinz Brandenburg, Jahrg. XXXVIII, p. 15, Berlin 1896

Weiss, A., Die Pflanzenhaare; Karsten's bot. Untersuchungen, Bd. I, p. 369, Berlin 1867.

Weiss, J. E., Das markständige Gefässbündelsystem einiger Dicotyledonen in seiner Beziehung zu den Blattspuren; Bot. Centralblatt, Bd. XV, p. 280, 1883.

Wisselingh, C. van, Interferentie-verschijnselen bij de Zaden van Hyoscyamus niger, Steenwijk 1892; abgedruckt in Nederlandsch Tijdschrift voor Pharmacie, Chemie en Toxicologie, p. 294, 1892.

I. Wydler, H., Morphologische Mitteilungen; Botan. Zeitung, p. 689, 1844.

II. Wydler, H., Fragmente zur Kenntniss der Verstäubungsfolge der Antheren; Flora, p. 241, 1851.

III. Wydler, H., Ueber die symmetrische Verzweigungsweise dichotomer Inflorescenzen; Flora, p. 394 u. f., 1851.

IV. Wydler, H., Ueber die Blatt- und Blütenstellung von Solanum nigrum und den verwandten Arten; Flora, p. 225, 1857.

V. Wydler, H., Kleinere Beiträge zur Kenntnis einheimischer Gewächse; Mitteil. d. naturf. Ges. in Bern, p. 1, 1861.

VI. Wydler, H., Morphologische Mitteilungen; Flora, p. 513, 1866.

Figuren-Erklärung.

Figur 1. Die zweijährige Hyoscyamus niger L. im ersten Jahre.

Figur 2. Dieselbe im zweiten Jahre.

Figur 3. Die einjährige Hyoscyamus niger L.

Figur 4. Querschnitt der Wurzel im primären Zustande; p eine der vier Stellen, an denen die Wurzelzweige entstehen. Vergr. $\frac{450}{1}$.

Figur 5. Querschnitt durch das Periderm der Wurzel; k Kork; ph. Phelloderm. Vergr. $\frac{450}{1}$.

Figur 6. Querschnitt eines Teiles der sekundären Rinde der Wurzel; sk. Sklerenchymfasern; ms. Markstrahl. Vergr. $\frac{237}{1}$.

Figur 7. Isolierte Sklerenchymfasern aus der Rinde der Wurzel. Optischer Längsschnitt. Vergr. $\frac{216}{1}$.

Figur 8. Zusammengesetzte Stärkekörner aus dem Rindenparenchym der Wurzel; die Teilkörner sind etwas auseinander gewichen; rechts liegen völlig isolierte Teilkörner. Vergr. $\frac{780}{1}$.

Figur 9. Oxalatkrystalle aus dem Marke von Datura arborea. Vergr. $\frac{825}{1}$ (nach Archangeli).

Figur 10. Wurzel-Kambium der zweijährigen Pflanze; a im Querschnitt; r Richtung des Radius (die engsten Zellen zu äusserst). Vergr. $\frac{560}{1}$. b im tangentialen Längsschnitt. Vergr. $\frac{160}{1}$.

Figur 11. Netzförmig verdickte Tracheen aus der Wurzel. Vergr. $\frac{225}{1}$.

Figur 12. Hoftüpfeltracheen (a, b) aus der Wurzel; c zeigt eine Uebergangsform zwischen einer Hoftüpfeltrachee und einer Netztrachee. Vergr. $\frac{250}{1}$.

Figur 13. Isolierte Sklerenchymfasern aus dem Holze der Wurzel. Optischer Längsschnitt. Vergr. $\frac{265}{1}$.

Figur 14. Isolierte Ersatzfasern aus dem Holze der Wurzel. Optischer Längsschnitt.

Figur 15. Isolierte Fasertracheiden von aussen gesehen, dem Holze der Wurzel entnommen.

Figur 16. Holzparenchym der Wurzel. Tangentialer Längsschnitt. Vergr. $\frac{160}{1}$.

Figur 17. Querschnitt eines Teiles des zweijährigen Holzes der Wurzel; ms. Markstrahl. Vergr. $\frac{388}{1}$.

Figur 18. Sprossschema einer Maximalpflanze der einjährigen Varietät; K Kotyledonen; 2g. zweigliedriger Wirtel; Th. Terminalblüte der Hauptachse; Wk. Wickel; übrige Erklärung im Texte.

Figur 19. Sprossschema einer Normalpflanze der einjährigen Varietät; Bedeutung der Buchstaben wie in der Fig. 18.

Figur 20. Schematische Darstellung der Wickelbildung und des „Hinaufwachsens" der Tragblätter in der Inflorescenz von Hyoscyamus niger; H absolute Hauptachse; I der die Richtung der absoluten Hauptachse eventuell fortsetzende oberste „Gabelzweig"; D dessen Tragblatt; II, III, IV successive Zweige; α, β, β, $\beta_{||}$ - Vorblätter. Das Hinaufwachsen ist durch die Schraffierung angedeutet; näheres im Texte.

Figur 21. Ende einer Inflorescenz von Hyoscyamus niger v. pusillus von der Spitze gesehen; sie verzweigt sich durch dichotomische Teilung des Vegetationspunktes. (Nach Warming.)

Fig. 22 u. 23. Uebersichtsbild bezw. histologisches Bild eines senkrechten Schnittes durch die jüngsten Knospen eines Wickels von Hyoscyamus niger v. pusillus. (Nach Warming).

Figur 24. Epidermis der Achse, von der Fläche gesehen. Vergr. $\frac{120}{1}$.

Figur 25. Querschnitt durch den äusseren Teil der Aussenrinde der Achse; Lr. luftführende Intercellularen. Vergr. $\frac{450}{1}$.

Figur 26. Kollenchym der Achse in radialem Längsschnitt; Tüpfel der unten liegenden Wände nur an einer Stelle hineingezeichnet; Ir Intercellularraum. Vergr. $\frac{98}{1}$.

Figur 27. Markstrahlzellen der Hauptachse im radialen Längsschnitt; kr. krystallführende Zelle; tp. Tüpfel. Vergr. $\frac{225}{1}$.

Figur 28. Kollenchym der Aussenrinde der Achse nach der Behandlung mit Chlorzinkjod; Lr. luftführender Intercellularraum. Querschnitt. Vergr. $\frac{450}{1}$.

Figur 29. Querschnitt durch die Innenrinde, die kambiale Zone und den äussseren Teil des Holzes der Hauptachse; rd. Rinde; prc. nicht sklerotisierte Zellen des Pericykels; sk. Sklerenchymfasern; s Siebröhren; g Geleitzellen; sp. Siebstrangparenchym; k Kambium; m Markstrahl; hz. Holz. Vergr. $\frac{450}{1}$.

Figur 30. Querschnitt durch den inneren Teil der Hauptachse; hz. Holz; tr Spiraltracheen: lbp. Leitbündelparenchym; sb. Siebstrang; sk. Sklerenchymfasern. Vergr. $\frac{390}{1}$.

Figur 31. Sklerenchymfasern mit gewellten Wänden.

Figur 32. Längsschnitt eines Siebstranges aus der Achse; Sp. Siebstrangparenchym; Gz. Geleitzellen. Vergr. $\frac{520}{1}$.

Figur 33. Sklerenchymfasern (x, y, z) aus dem Holze der Achse der zweijährigen Pflanze. Optischer Längsschnitt. Vergr. $\frac{150}{1}$.

Figur 34. Markstrahlzellen aus dem Holze der Hauptachse; r Richtung des Radius. Radialer Längsschnitt. Vergr. $\frac{354}{1}$.

Figur 35. I—VI. Laubblätter in verschiedenen Entwicklungsstadien; Pr. Primärnerv; übrige Erklärung im Texte. V in Vergr. $\frac{17}{1}$, die übrigen in der Vergr. $\frac{36}{1}$.

Figur 36. Schematischer Querschnitt eines geflügelten Blattstiels vom 6ten Laubblatte einer einjährigen Pflanze; Lb. Leitbündel.

Figur 37. Nervatur des Keimblattes; blr. Blattrand; hptn. Primärnerv; a Secundärnerv.

Figur 38. Laubblattquerschnitt; Os. Oberseite; Us. Unterseite; Kr. Oxalat-Krystalle; Cut. Kutikula. Vergr. $\frac{254}{1}$.

Figur 39. Epidermis der Blattunterseite von der Fläche. Vergr. $\frac{390}{1}$.

Figur 40. Querschnitt durch die Unterseite des Laubblatt-Mittelnerven; Lr. Ic. luftführende Intercellularräume; Koll. Kollenchym; Np. Nervenparenchym. Vergr. $\frac{209}{1}$.

Figur 41. Querschnitt durch die Oberseite des Laubblatt-Mittelnerven. Bezeichnungen und Vergr. wie in der Fig. 40.

Figur 42. Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Stomata; I, II, III die succesiven Wände. Vergr. $\frac{390}{1}$.

Figur 43. Spaltöffnungsapparat von der Fläche gesehen. Erklärung im Texte. Vergr. $\frac{620}{1}$.

Figur 44 u. 45. Einfache Haare und Drüsenhaare; Cut. und c Kutikula; übrige Erklärung im Texte beim Laubblatt. Pg. 38.

Figur 46. Querschnitt des oberen Teiles des medianen bicollateralen Leitbündels des Blattmittelnerven; Ps. Parenchymstrahlen; Etr. Erstlingstracheen; Sb. Siebstrang. Erzf. Ersatzfasern. Vergr. $\frac{230}{1}$.

Figur 47. Epidermis des Kronenblattes von der Fläche gesehen. Vergr. $\frac{620}{1}$.

Figur 48. Leiste einer Epidermiszelle der Krone, nach Behandlung mit Chloralhydratlösung. Vergr. $\frac{1000}{1}$.

Figur 49. Schematischer Querschnitt einer fast reifen Anthere; l Leitbündel des Konnektivs; ep. Epidermis; w Vorsprünge der Scheidewand; en. Endothecium; in. Insertionsstelle der Fächerwände an der Scheidewand, erstere bei der Präparation losgerissen. Stark vergr.

Figur 50. Die successiven Blätter der einjährigen Varietät, von den Keimblättern (k_1, k_2) bis zum völlig ausgebildeten sitzenden Laubblatte (1—8). Vergr. $\frac{1}{2}$.

Figur 51. Die successiven Blätter der zweijährigen Varietät im ersten Jahre, von den Keimblättern (k, k_2) bis zum völlig ausgebildeten gestielten Laubblatte (1—8). Vergr. $\frac{1}{2}$.

Figur 52. Blüten-Diagramm von Hyoscyamus niger L.; die äusseren Zahlen geben die theoretische genetische Succession der Kelchblätter an, die inneren die Verstäubungsfolge der Antheren; beim β Vorblatt ist die Verzweigung aus dessen Achsel angedeutet.

Fig. 53 u. 54. Kelch und Gynoeceum einer befruchtungsreifen Blüte, ersterer in Figur 54 der Länge nach gespalten; a Kelch; d Fruchtknoten: e Griffel; f Narbe. Vergr. etwa $\frac{1}{1}$ (nach Berg und Schmidt).

Figur 55. Die Krone in den Schlitz von Sepalum 3 aufgeschnitten und ausgebreitet; b Krone; c Staubgefässe. Vergr. (Nach Berg und Schmidt, etwas modifiziert.)

Figur 56. Stamina, A von vorn, B von hinten gesehen; f Filament; c Konnektiv; p Theca. Vergr. (Nach Berg und Schmidt).

Figur 57. Der untere Teil des Stempels im Längsschnitt; g Fruchtknoten; i Placenten; e Griffel. Vergr. (Nach Berg und Schmidt).

Figur 58. Die reife Kapsel deckelartig aufgesprungen; l Deckel. Vergr. (Nach Berg und Schmidt.)

Figur 59. Dieselbe im Längsschnitt; l Deckel; i Placenten. Vergr. (Nach Berg und Schmidt.)

Figur 60. Der Samen von aussen gesehen; h Hilum. Vergr. $\frac{25}{1}$.

Figur 61. Nervatur des Kronenblattes; gr. seitliche Grenze eines Zipfels.

Figur 62 u. 63. Innenwände bezw. Aussenwände des Endotheciums, von der Fläche gesehen. Vergr. $\frac{450}{1}$.

Figur 64. A Querschnitt eines Pollenkorns; a. b, c äusserste, mittlere und innerste Schicht des Exiniums; Int. Intinium. Vergr. $\frac{780}{1}$. B und C Pollenkorn von der Seite bezw. schräg von oben gesehen. Vergr. $\frac{450}{1}$.

Figur 65. Stückchen der Wabenschicht des Exiniums von aussen gesehen; Hr. Hohlräume. Vergr. $\frac{1000}{1}$.

Figur 66. Schema eines Querschnittes durch den mittleren Teil des Fruchtknotens einer schon befruchteten Blüte; L. Hauptleitbündel der Placenten; M. Carpellmittelnerv. Vergr. $\frac{12}{1}$.

Figur 67. Schema des Leitbündelverlaufs in der Placenta einer schon befruchteten Blüte; die Placenta in Chloralhydratlösung von ihrer Innenfläche betrachtet. Vergr. $\frac{22}{1}$.

Fig. 68 u. 69. Innere und äussere Epidermis (ep) des unteren Teiles der eigentlichen Fruchtwand, von der Fläche gesehen: p unter der Epidermis liegendes Parenchym. Vergr. Fig. 68 $\frac{156}{1}$, Fig. 69 $\frac{262}{1}$.

Figur 70. Schematischer Längsschnitt durch die Aufspringstelle und die angrenzenden Fruchtwandpartien; d. Deckel; ep. unverholzte Epidermis der Aussenseite der Fruchtwand; a Aufspringstelle; vh verholzte Zellen; u unverholzter, fast unverdickter Teil der inneren Epidermis. Vergr. $\frac{20}{1}$.

Figur 71. Querschnitt eines beinahe reifen Samens; o körnige aus Kieselsäure bestehende Anhäufungen; r dünn gebliebene Partie der Seitenwand; g Zipfel einer benachbarten Zelle; obl. obliteriertes Gewebe (Nucellusgewebe und Parenchym des Integuments); p noch nicht obliterierte Nucelluszellen; s Grenzlamelle des Endosperms; endosp. Endosperm. Vergr. $\frac{372}{1}$.

Figur 72. Medianschnitt durch den Samen, parallel den breiten Seiten desselben; emb. Embryo; ep. Epidermis; obl. obliteriertes Gewebe; end. Endosperm; h Hilum. Schematisch.

Fig. 73 u. 74. Die Kotyledonen im Samen, von der Fläche bezw. im Querschnitt. Schematisch.

Figur 75. Samen-Epidermis von der Fläche gesehen; m Mittellamelle.

Figur 76. Querschnitt durch den äussersten Teil einer Epidermiszelle des Samens, kurz vor der Samenreife; der Schnitt ist in der im Texte angegebenen Weise präpariert. Die Kieselsäuremassen sind in der Figur weggelassen; Cut. Kutikula; x Celluloseschicht der Aussenwand und der oberen Partien der Seitenwände; y stark cutinisierte, das Lumen auskleidende Lamelle; z Zapfen der Aussenwand. Vergr. $\frac{390}{1}$.

Figur 77. Epidermis des Würzelchens von der Fläche gesehen. Vergr. $\frac{180}{1}$.

Figur 78. Querschnitt des unteren Teiles des Würzelchens; Cu. Kutikula; Ep. Epidermis; In. Initialbündel. Vergr. $\frac{309}{1}$.

Figur 79. Epidermis der Ober- und Unterseite des Keimblattes im Samen, von der Fläche gesehen. Vergr. $\frac{154}{1}$.

Figur 80. Querschnitthälfte des Keimblattes im Samen; Pc. Initialleitbündel; Cu. Kutikula; Ep. Epidermis; Pls. die späteren Palissadenzellen. Vergr. $\frac{520}{1}$.

Figur 81. Aleuronkörner aus dem Endosperm, nach Färbung mit Jodtinktur. Vergr. $\frac{780}{1}$.

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

I. Einleitung 1
II. Morphologie u. Anatomie der Wurzel . 2
A. Der primäre Bau der Wurzel 3
B. Secundärer Bau der Hauptwurzel, der zweijährigen Pflanze 4
1. Das Periderm 4
2. Die secundäre Rinde. 5
3. Das Kambium. 6
4. Das Holz 6
5. Die Markstrahlen 8
C. Secundärer Bau der kräftigeren Wurzelzweige der zweijährigen Pflanze 8
D. Secundärer Bau der Faserwurzeln der zweijährigen Pflanze 9
E. Secundärer Bau der Hauptwurzel d. einjährigen Pflanze. 9
F. Secundärer Bau der kräftigeren Wurzelzweige und der Faserwurzeln der einjährigen Pflanze. 10
III. Die Verzweigung des Sprosssystems . . 10
IV. Morphologie u. Anatomie der Achse . 25
A. Primärer Bau der Achse 25
B. Secundärer Bau der Achse 26
1. Die Aussenrinde 26
2. Die Innenrinde 28
3. Das Kambium 29
4. Das Holz. 30
5. Das Leitbündelparenchym 31
6. Das innere Phloëm 31
7. Die Markstrahlen 32
8. Das Mark 33
V. Entwicklungsgeschichte d. Laubblattes. 34
VI. Morphologie des Laubblattes 34
VII. Anatomie des Laubblattes 36
A. Die Blattspreite 36
1. Die Epidermis 36
2. Das Mesophyll 39
3. Die Blattnerven 39
B. Der Blattstiel 41
VIII. Morphologie u. Anatomie der Blüte . . 42
A. Der Blütenstiel 44
B. Der Kelch 45
1. Die Nervatur des Kelches 45
2. Die Epidermis 45
3. Das Mesophyll 46
4. Die Nerven 47
C. Die Krone 47
1. Die Nervatur der Krone 48

Seite.

2. Die Färbung der Krone 48
3. Die Epidermis 48
4. Das Mesophyll 50
5. Die Nerven 50
D. Die Staubblätter 51
1. Anatomie des Filaments 51
2. Anatomie der Anthere 52
3. Die Pollenkörner. 54
E. Der Stempel 54
1. Verlauf der Leitbündel im Stempel . . 56
2. Anatomie des Fruchtknotens 57
3. Anatomie des Griffels 59
4. Anatomie der Narbe 60
IX. Biologie der Blüte 60
X. Morphologie u. Anatomie der Frucht 61
A. Morphologie. 61
B. Anatomie des Deckels 62
C. Anatomie der Aufspringstelle 62
D. Anatomie des unteren Teiles der Frucht. . 62
E. Die Leitbündel. 63
F. Die Inhaltstoffe 63
G. Das Aufspringen der Hyoscyamus-Kapsel. . 63
XI. Entwicklungsgeschichte des Samens 64
XII. Morphologie u. Anatomie des reifen Samens. 65
A. Morphologie 65
B. Anatomie der Samenschale. 66
C. Anatomie des Endosperms 70
D. Anatomie des Embryos 70
E. Die Aleuronkörner 71
XIII. Die Alkaloide von Hyoscyamus niger, deren mikrochemischer Nachweis und deren Lagerung 74
A. Die Alkaloide u. der Alkaloidgehalt der Pflanze 74
B. Chemischer Nachweis der Alkaloide u. Lagerung derselben im Samen 76
C. Lagerung der Alkaloide im Fruchtknoten . 81
D. Lagerung der Alkaloide im Perianth . . . 81
E. Lagerung der Alkaloide im Laubblatte . . 81
F. Lagerung der Alkaloide in der secundär verdickten Achse. 82
G. Lagerung der Alkaloide in der secundär verdickten Wurzel 82
XIV. Das fette Oel des Hyoscyamus-Samens . 82
Litteraturverzeichniss 84
Figuren-Erklärung 87

3.

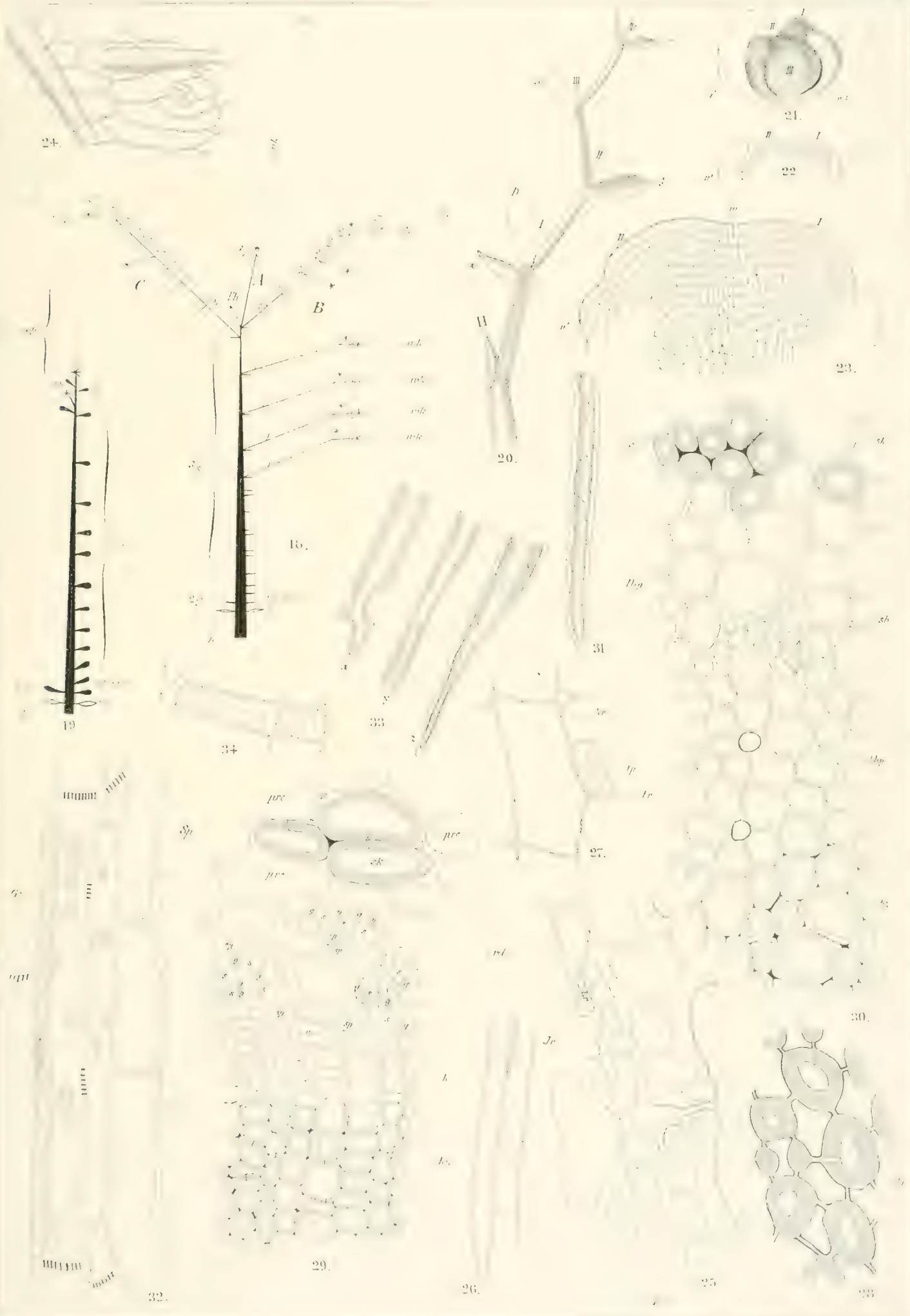
2.

1.

Lichtdruck v. Carl Ebner, Stuttgart

Verlag von Erwin Nägele, Stuttgart

Verlag von Erwin Nagele, Stuttgart



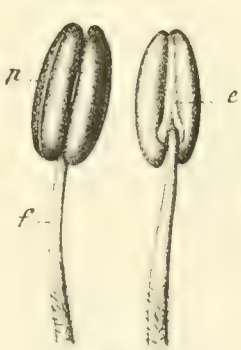
Lith. Anst. v. Carl Ebner Stuttgart.

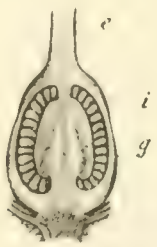
Verlag von Erwin Nägele, Stuttgart

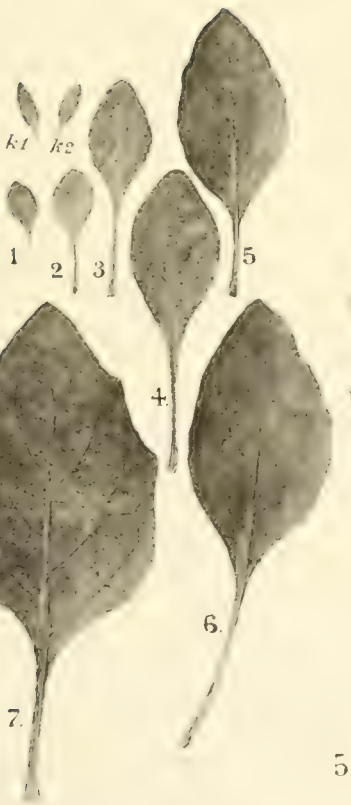
Lith. Anst. v. Carl Ebner Stuttgart.

Verlag von Erwin Nagele, Stuttgart

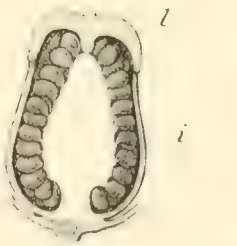
50.

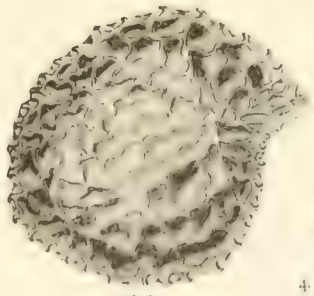


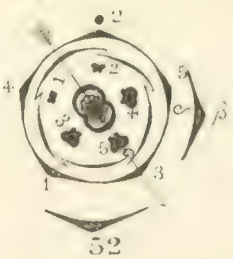




51.

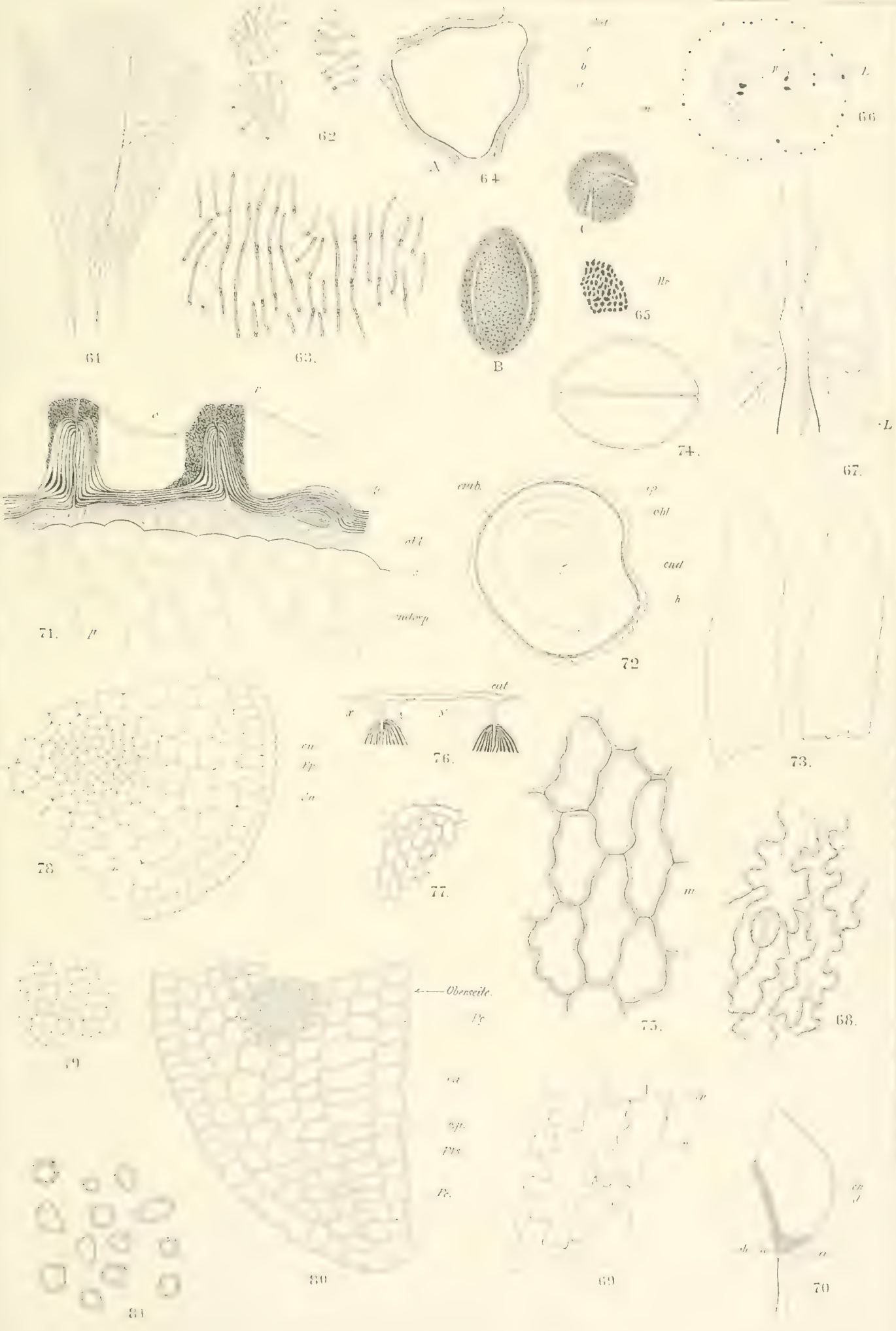






Lichtdruck v. Carl Ebner, Stuttgart

Verlag von Erwin Nägele, Stuttgart



Lith. Anst. v. Gebr. Ebner Stuttgart.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. Chr. Luerssen
in Königsberg i. Pr.

Heft 52.

M. von Uexküll-Gyllenband:

Phylogenie der Blütenformen und der Geschlechterverteilung bei den Compositen.

Mit 2 Tafeln.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1901.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. Chr. Luerssen

in Königsberg i./Pr.

Heft 52.

Phylogenie der Blütenformen und der Geschlechterverteilung bei den Compositen

von

M. von Uexküll-Gyllenband.

Mit 2 Tafeln und zahlreichen Textfiguren.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1901.

PHYLOGENIE

der Blütenformen und der Geschlechterverteilung

bei den Compositen

von

M. von Uexküll-Gyllenband

aus Riga (Livland)

Mit 2 Tafeln und zahlreichen Textfiguren.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1901.

Konrad Baron Vietinghoff-Scheel

gewidmet.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorwort 1
Spezieller Teil 3
Erläuternde Vorbemerkungen 3
Schema I zwittrige Röhrenblütler 5
„ II „ Lippenblütler 7
„ III „ Zungenblütler 9
„ IV a. röhrenblütige Gynomonöcisten 11
b. „ „ mit reducierter Corolle 12
c. „ „ „ vergrösserter Corolle 13
„ V röhrenblütige Gynodiöcisten 17
„ VI „ und zungenblütige Gynomonöcisten 19
„ VII a. „ Monöcisten 21
b „ und zungenblütige Monöcisten 22
c. *Denecia capensis* 24
„ VIII röhrenblütige Diöcisten 25
„ IX *Leontopodium alpinum* 27
a. Entwicklung der Blüten 27
b. „ „ Köpfchen 30
c. geographische Verbreitung und Geschlechterverteilung 31
„ X *Anaphalis* 33
„ XI *Gerbera* 36
„ XII *Petasites* 39
„ XIII a. *Centaurea Jacea* 43
b. *Cirsieen* 45
Anhang zu den Schemata *(Heterothalamus, Xeranthemum)* 47
Ontogenie einiger Species 48
Generalschema für die phylog. Blütenentwicklung (Tafel I) 49
Entwicklung der Geschlechterverteilung innerhalb der Köpfchen 52
Generalschema über die Geschlechterverteilung 53
Geschlechterverteilung nach Individuen innerhalb der Art 54
Zusammenfassung der Gesetzmässigkeiten 56
Allgemeiner Teil 58
Monoclinie und Diclinie 58
Phylogenetische Gesetze: I. Entwicklungsfolge 59
II. Höhe der Differenzierung 60
Phylogenetisches Alter 60
Correlationserscheinungen: I. bei den Compositen 61
II. in andern Familien 62
Präponderanz des weiblichen Geschlechtes: I. bei den Compositen 63
II. in anderen Familien 64
Welche Factoren beeinflussen das Geschlecht? I. Compensation 66
II. äussere Factoren 66
Individuelle Vererbungsfähigkeit der Compositenblüten 69
Schluss 71
Verzeichnis der untersuchten Arten 72
Litteraturverzeichnis 76
Tafel-Erklärung 80

Vorwort.

Die vorliegende Arbeit verfolgte ursprünglich den Zweck, den phylogenetischen Zusammenhang der so mannigfaltig ausgebildeten Blütenformen der Compositen festzustellen. In ergänzender Weise wurde auch die Ontogenie berücksichtigt. Das Hauptergebnis dieser Untersuchungen ist, dass aus der röhrenförmigen Zwitterblüte, als der Urform, sich alle noch so hoch differenzierten Blütenbildungen durch Konstatierung der Uebergangsformen ableiten lassen. Dieses Resultat veranlasste die Verfolgung anderer Fragen, die nicht nur für die Compositen, sondern auch für die Blütenpflanzen überhaupt von Interesse sind, so z. B. die der Differenzierungsmöglichkeiten, der Richtung und Wege der Entwicklung, der Priorität des einen oder anderen Geschlechtes, der Correlation der Organe, der Geschlechterverteilung u. s. w.

Die Ansicht, dass die Zwitterblüte die Stammform der Compositenblüten sei, wurde schon von Warming, Hildebrand u. Anderen ausgesprochen, allerdings auch wieder bezweifelt, z. B. von Hänlein. Hildebrand (I), der der erste und einzige Botaniker gewesen, der sich in umfassender Weise mit der phylogenetischen Blütenuntersuchung der Compositen beschäftigte, kommt zu dem Resultat: „wir wüssten nichts anzuführen, was darauf hindeutet, dass die Compositenzwitterblüten aus eingeschlechtigen entstanden." Er hat seine Vermutung in betreff der Priorität des Zwitterstadiums bei den Compositen nicht als Tatsache angeben können, weil es ihm nicht gelungen ist, den Zusammenhang der eingeschlechtigen und geschlechtslosen Blüten mit den zwitterigen in lückenloser Weise an ein und derselben Species zu beobachten. Er hat entweder nur Bruchstücke aus Entwicklungsreihen gefunden, oder seine Reihen sind zu hypothetischer Natur, da er sie aus Beispielen von verschiedenen Species, Gattungen, Tribus etc. zusammensetzte. Seine an 30 Species der Compositen gemachten Beobachtungen sind immer scharf und exact, die Schlussfolgerungen aber oft verfehlt, woran wohl meist der Mangel an Vergleichsmaterial Schuld ist.

Um Hildebrands Fehler zu vermeiden, habe ich versucht, möglichst vollständige Entwicklungsreihen innerhalb derselben Species, desselben Individuums oder Köpfchens zu finden. Trotzdem sind Lücken in den Entwicklungsreihen oft wegen der mangelhaften Beschaffenheit von Qualität und Quantität des Untersuchungsmaterials unvermeidlich gewesen. Benutzt wurden für die Arbeit die Herbarien des Polytechnikums Zürich, das der Universität Zürich (Prof. Schinz), der Universität München und ferner die Herbarien der Herren: Barbey-Boissier in Chambésy bei Genf; Dr. Bernoulli in Basel; A. Käser in Zürich (Hieracien) und Prof. Dr. K. B. Lehmann in Würzburg. Frisches Material habe ich hauptsächlich für die Untersuchung von Gnaphalieen, Radiaten und Liguliflоren benutzt. In allen wichtigeren Fällen ist, wenn die Bestimmung des Materials zweifelhaft erschien, mit Hilfe von Specialwerken nachkontrolliert, in unwichtigen eine unsicher bestimmte Species übergangen worden. Trotzdem ist hie und da eine fehlerhafte Bestimmung nicht ausgeschlossen.

Die Zahl der untersuchten Arten beträgt 458. Da diese Zahl neben den 10000 existierenden Arten eine sehr geringe ist, suchte ich dem Mangel dadurch zu begegnen, dass ich aus jeder Tribus und Subtribus Vertreter zur Untersuchung wählte. Eine besondere Berücksichtigung fanden die *Inuleae-Gnaphalinae,* von deren 48 Gattungen ich 34 untersuchte. Unter diesen prüfte ich wiederum die Gattung *Gnaphalium* am vollständigsten und zwar von 120 existierenden Arten 101.

Die Arbeit zerfällt in einen speciellen und in einen allgemeinen Teil. Der erstere enthält, abgesehen von dem Kapitel über *Centaurea Jacea,* nur eigene Untersuchungen. Der letztere besteht aus teilweise von einander unabhängigen Abschnitten, die die Resultate des speciellen Teiles zusammenfassen, erweitern und erläutern.

Die Arbeit wurde ausgeführt im botanischen Museum des eidg. Polytechnikums Zürich (Direction Professor Dr. C. Schröter).

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. C. Schröter, spreche ich an dieser Stelle für die vielfachen Anregungen, die er mir während meiner Studienzeit und besonders bei dieser Arbeit hat zuteil werden lassen, meinen herzlichsten Dank aus.

Auch all den anderen Herren, die mich durch Vermittlung von Materialien oder in anderer Weise unterstützt haben, insbesondere Herrn Prof. Dr. Radlkofer, in dessen Institut in München ich während des Wintersemesters 1899—1900 gearbeitet habe, fühle ich mich zu Dank verpflichtet.

Zürich, im October 1900.

Die Verfasserin.

Spezieller Teil.

Die Schemata der Blüten-Differenzierung bei den Compositen.

A) **Erläuternde Vorbemerkungen.**

Die Darstellung der Schemata erfordert einige Erläuterungen über ihre Construction und über einige terminologische Fragen.

a) **Die Construction der Schemata**

basiert auf einer Reihe im Verlauf der Arbeit erkannter Gesetzmässigkeiten. Einer einheitlicheren und bequemeren Anordnung wegen ist das Resultat vorweg genommen worden, dass die röhrenförmige Zwitterblüte die Stammform ist; obgleich der Beweis hiefür sich erst im Laufe oder zum Schlusse der Arbeit geben lässt. Das Verfahren bei den Beobachtungen war folgendes: Die verschiedenen innerhalb eines Köpfchens, Individuums oder einer Species gefundenen Blütenformen wurden in eine Reihe geordnet, indem ich stets die nächst ähnlichen Blüten auf einander folgen liess. In vielen Fällen ergab sich dabei eine continuierliche Entwicklungsreihe von der röhrenförmigen Zwitterblüte bis zu einer mehr oder weniger differenzierten Form, differenziert in Bezug auf die Reproductionsorgane oder auf die Corolle oder gleichzeitig auf beide Teile. Dabei beobachtete ich, dass die Aufeinanderfolge der Blüten in der Entwicklungsreihe genau übereinstimmt mit der Anordnung der Blüten auf einem Radius, und zwar so, dass die Zwitterblüten die Mitte einnehmen, die am weitesten abweichenden Formen die Peripherie und die Uebergangsformen die dazwischen liegenden Kreise des Köpfchens. Die hieraus sich ergebenden Gesetzmässigkeiten waren für die Untersuchungen ein wesentliches Hilfsmittel; sie lassen sich folgendermassen ausdrücken:

1. Die als Urform sich erweisende röhrenförmige Zwitterblüte befindet sich i m m e r im Centrum des Köpfchens; die am höchsten modifizierte Form steht an der Peripherie.

2. Alle auf demselben Blütenkreise stehenden Blüten sind gleich oder nahezu gleich.

3. Jede der in basipetaler Richtung aufeinander folgenden Blüten eines Köpfchens repräsentiert die Eigenschaften der nächst vorhergehenden in einem höheren Entwicklungsgrade (nur bei v o l l s t ä n d i g e n Entwicklungsreihen gültig).

4. Bei allen von mir untersuchten Arten waren alle Köpfchen eines Individuums einander gleich.[1])

Mit Hilfe dieser Gesetzmässigkeiten habe ich versucht, die Blütenentwicklung schematisch darzustellen. Es zeigte sich, dass zweierlei Schemata erforderlich waren. Die einen, für die Entwicklung der Einzelblüten eines Köpfchens geltend, sind derart construiert, dass jeder Blüte ein Kreis entpricht. Neben diesem Kreise wird über die Zahl und Beschaffenheit der vorhandenen Blütenorgane kurz referiert. Die anderen geben die Entwicklung der Blütenköpfchen. Jeder Kreis repräsentiert hier also ein ganzes Köpfchen, dessen verschiedene Blütenformen durch jeweils erklärte Zeichen angegeben sind. Die Zahl der Zeichen stimmt nicht mit derjenigen der Blüten überein, ebensowenig entsprechen die in den Hauptkreisen befindlichen secundären, tertiären etc. Kreise der thatsächlichen im Köpfchen vorhandenen Zahl der Blütenkreise; denn es sind nur immer die charakteristischen, von einander deutlich verschiedenen Blüten in Betracht gezogen worden. Lücken in den

[1]) Möglicherweise sind bei geocarpischen Arten die unter- und oberirdischen Köpfchen auch puncto Geschlechterverteilung verschieden; ich konnte solche nicht untersuchen.

Entwicklungsreihen sind durch Radspeichen ⁂ bezeichnet worden. Diese hypothetischen Kreise sind im Laufe der Untersuchungen häufig durch reelle Formen ersetzt worden, und es ist daher wahrscheinlich, dass, nach in grösserem Massstabe ausgeführten Beobachtungen, sich noch manche Reihe wird vervollständigen lassen.

Ueber alle gefundenen Entwicklungsmöglichkeiten der Blüten und über die Geschlechterverteilung innerhalb des Köpfchens geben zwei Generalschemata eine allgemeine Uebersicht.

Zu jedem Kapitel gehört ein besonderes Schema, A. für die Entwicklung der Einzelblüten, B. für die Blütenköpfchen.

Die Abbildungen sind mit wenigen Ausnahmen mit der Camera lucida gezeichnet. Die Vergrösserung ist jeweils angegeben.

b) **Die röhrenförmige Zwitterblüte**[1])

(Urform) setze ich als bekannt voraus.

c) **Uebergangsform und Dauerform.**

Der Begriff einer „Uebergangsform" setzt eigentlich den einer „Endform" voraus; da es aber im Grunde genommen keine Endformen giebt, brauche ich den Ausdruck „Dauerform".

Theoretisch erscheint diese Einteilung der Blüten willkürlich und schwierig, denn, betrachten wir eine complicierte Compositenblüte, die sowohl der Fruktifikation als auch der Anlockung von Insecten zu dienen imstande ist, so sind wir geneigt, in dieser Blüte einen Endzustand zu sehen, weil wir uns nicht vorstellen können, welche Modification sie noch erleiden könnte. Sobald wir eine andere Species finden, die ausser diesen Blüten noch weiter differenzierte enthält, zeigt es sich, dass diese sogenannten „End- oder Dauerformen" der einen Pflanze für eine andere nur „Uebergangsformen" sind. Diese beiden Formbegriffe sind also nur relativ. Ein praktisches Beispiel möge den Sinn erläutern, in dem diese Ausdrücke in der Arbeit angewandt werden. (Siehe Generalschema Tafel I.)

Die am Fusse des Stammbaumes stehende röhrenförmige Zwitterblüte ist eine Dauerform; denn beide Geschlechter sind vollkommen ausgebildet; in allen Blütenteilen herrscht Gleichgewicht. Die Blüte ist ein abgeschlossenes Ganzes.

Auf die Zwitterblüte folgt eine Form, die etwas Unfertiges darstellt (F. 1). Die Kronröhre ist nach $^2/_3$ gespalten, 3 Zipfel sind teilweise und ungleich mit einander verwachsen. Diese Blüte ist relativ selten zu finden und ist weder als Röhren- noch als Lippenblüte zu bezeichnen, es ist eine Uebergangsform.

Anders verhält sich Blüte F. 2, deren Krone für den Augenblick wenigstens eine definitive Form erreicht hat, sie ist deutlich lippig. Viele Species besitzen nur diese Blüten, die ihrer Vollständigkeit und Permanenz wegen „Dauerformen" genannt werden können.

Eine weitere Blüte (F. 3) ist wiederum Uebergangsform, obwohl sie die gleiche lippige Krone besitzt, wie Blüte F. 2, denn ihre männlichen Organe sind rudimentär geworden; es sind nur 2 Antheren vorhanden. Die Blüte ist weder vollständig hermaphrodit noch weiblich. Die folgende Form, eine weibliche Lippenblüte, ist wiederum Dauerform.

Nach Obigem sind folgende Definitionen möglich:

Eine Dauerform ist eine Form, die durch ihr überwiegendes Vorkommen bei einer Species oder einer Reihe von Species eine bleibende Anpassungsstufe documentiert. Sie ist durch das Fehlen rudimentärer Organe ausgezeichnet.

Eine Uebergangsform besitzt stets rudimentäre oder unvollkommen ausgebildete Organe und zeigt starke Tendenz zum Verschwinden. Ihre Existenz ist also nur vorübergehend notwendig gewesen, um den Uebergang von einer Station zur anderen zu vermitteln. Diese Stationen sind eben die Dauerformen.

[1]) Siehe pag. 5, Fig. 1.

In einigen Fällen, wo die bisher gebräuchliche Terminologie für die Geschlechterverteilung auf einem Individuum nicht ausreichte, habe ich neue Bezeichnungen einführen müssen:

Als „Gynöcie" bezeichne ich den Fall, wo sämtliche Blüten eines Individuums rein weiblich sind. Nicht nur bei den Compositen, sondern auch in anderen Familien kommt es häufig vor, dass rein weibliche Individuen vorhanden, während rein männliche fehlen.

Wenn ein Autor die Beobachtung macht, dass ein gynomonöcisches Individuum rein weiblich wird, so spricht er von „Uebergang in die Diöcie". Diese Bezeichnung ist aber unlogisch, weil die Diöcie eben immer die Existenz eines männlichen Individuums voraussetzt. Vom entwicklungsgeschichtlichen Standpunkte ist der Ausdruck „Diöcie" auch nicht anwendbar, denn aus einem gynomonöcischen Individuum kann auf direktem Wege eben nur ein weibliches Individuum entstehen, also „Gynöcie" und nicht „Diöcie", die stets zwei Individuen erfordert, die sich noch dazu auf verschiedenem Wege entwickelt haben.

Aus analogen Gründen ist der Ausdruck „Andröcie" für ein rein männliches Individuum angewendet worden.

Die Formen der Geschlechterverteilung mit neutralen Blüten bezeichne ich nach dem Vorgang von Errera und Gevaert mit Agamo —.

Agamohermaphroditismus: zwitterige und geschlechtslose Blüten auf demselben Individuum. (Vor dem zweiten Wort muss natürlich ein „und" gedacht werden.) Analog sind folgende Ausdrücke gebildet.

Agamogynöcie: weibliche und geschlechtslose Blüten auf demselben Individuum.

Agamandröcie: männliche und geschlechtslose Blüten auf demselben Individuum.

Agamogynomonöcie: zwitterige, weibliche und geschlechtslose Blüten auf demselben Individuum.

Diese und die übrigen schon gebräuchlichen Termini genügen, um alle bis jetzt bekannten Arten der Geschlechterverteilung innerhalb eines Individuums zu bezeichnen.

B) **Vorführung der einzelnen Schemata.**

Schema I.

Sämtliche Blüten zwittrig und röhrenförmig.

Der einfachste Fall in Blütenform und Verteilung ist der, wo alle Individuen einer Art die gleiche röhrenförmige Zwitterblüte besitzen; mit ihm beginnen wir daher die Reihe der Schemata. Die Darstellung ist sehr einfach. Ein Kreis stellt die Einzelblüte, ein zweiter das Blütenköpfchen dar. In Fig. 1 ist eine Blüte von *Myriocephalus nudus* abgebildet. Diese röhrenförmig zwittrige Urform ist auch allen übrigen zu diesem Schema angeführten Species eigen; allerdings kann die Form der Kronröhre variieren, sie ist bisweilen auch glocken- oder trichterförmig.

Die 76 untersuchten Arten gehören natürlich sämtlich den Tubuliflоren an, von denen 12 Tribus hier vertreten sind. Die 4 übrigen sind in anderen Schemata behandelt, da sie, streng genommen, nicht hierher, sondern zu den Labiatifloren, Radiaten etc. gehören, die Hoffmann alle unter dem Namen „Tubuliflоren" zusammenfasst.

Die Angaben in der Litteratur stimmen im grossen und ganzen mit den von mir gemachten Beobachtungen überein. Ausnahmen bilden die Gattungen *Ifloga (Trichogyne)* und *Gnaphalium*. Die Blütenköpfchen von *Ifloga* sollen sowohl nach Hoffmann als nach Bentham und Hooker central unfruchtbare Zwitterblüten, am Rande weibliche Fruchtblüten enthalten. Es besitzen aber

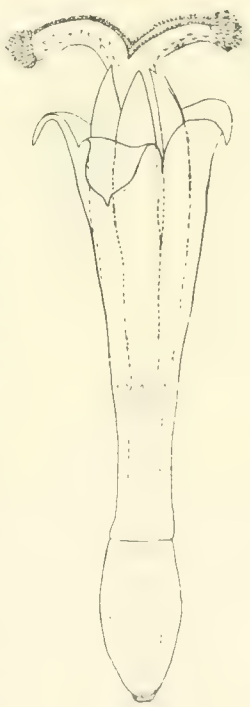


Fig. 1. 37/1
Myriocephalus nudus.

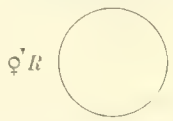
sowohl *Trichogyne cauliflora* als auch *Ifloga Fontanesii* Köpfchen mit lauter röhrenförmigen Zwitterblüten. Es ist jedoch wohl möglich, dass ausserdem auch noch monöcische Köpfchen existieren.

Die Gattung *Gnaphalium* ist nach Hoffmann nur gynomonöcisch, 2 Species fand ich jedoch hermaphrodit.

Schema I A.
Einzelblüte.

Zwitterblüte (röhrenförmig). Kronz. 5. Anth. 5. Ovulum. Drüse. Griffel geteilt, mit Papillen und Fegehaaren.

Schema I B.
Blütenköpfchen.



♀♂*R* = röhrenförmige Zwitterblüte.

Nach Schema I verhalten sich folgende der untersuchten Arten:

Tubuliflorae — Vernonieae
Vernonieae — Vernoninae
Vernonia plumbaginifolia
„ *Venzlii*
„ *Dregeana*
„ *Krausii*
„ *hirsuta*
„ *cinerea*
„ *nudiflora*
Ethulia conyzoides
„ *angustifolia*
„ *gracilis*
„ *Rueppelii*
Sparganophorus Vaillantii
Ampherephis cristata
Botrioclyne Schimperi
Tubuliflorae — Eupatorieae
Eupatorieae — Piquerinae
Gymnocoronis subcordata
Phania multicaulis
Eupatorieae — Ageratinae
Ageratum conyzoides
Stevia crenata
Eupatorium cannabinum
Eupatorieae — Adenostylinae
Adenostyles albifrons
Tubuliflorae — Astereae
Astereae — Grangeinae
Aplopappus ericoides
Astereae — Conyzinae
Linosyris vulgaris
Astereae — Solidaginae
Bigelonia nudata
Tubuliflorae — Inuleae
Inuleae — Filaginae
Ifloga Fontanesii
Trichogyne cauliflora
Inuleae — Gnaphalinae
Helipterum canescens
„ *gnaphaloides*
Helipterum speciosissimum
„ *filiforme*
„ *anthemoides*
Helichrysum allioides
„ *angustifolium*
„ *crassifolium*
„ *arenarium*
„ „ *var. stenophyllum*
„ *argenteum*
„ *armenum*
„ *hebelepis*
„ *horridum*
„ *intermedium*
„ *lacteum*
„ *Lambertianum*
Gnaphalium lanatum
„ *acuminatum*
Amobium alatum
Toxanthus Mülleri
Acroclinium roseum
Dimorpholepsis australis
Cassinia aculeata
„ *denticulata*
„ *spectabilis*
„ *fulvida*
Ixiolaena tomentosa
„ *chrysantha*
Podotheca gnaphaloides
Millotia tenuifolia
Rutidosis pumila
Pithocarpa corymbulosa
Ixodea achilleoides

Humea elegans
Waitzia corymbosa
Inuleae — Angianthinae
Calocephalus lacteus
Caesulia axillaris
Myriocephalus nudus
Angianthus humifusus
Gnephosis arachnoidea
Pachysurus angianthoides
Cephalipterum Drummondii
Gnaphalodes uliginosum
Inuleae — Buphthalminae
Sphacophyllum Holstii
Chrysophthalmum montanum

Tubuliflorae — Heliantheae
Helianth. — Lagascinae
Lagascea mollis
Tubuliflorae — Helenieae.
Hel. — Iaumineae
Iaumea linearifolia
Hel. — Heleninae
Perityle incana
Hymenopappus luteus
Tubuliflorae — Anthemideae
Anth. — Anthemidinae
Athanasia crithmifolia
Tubuliflorae — Arctotideae
Arct. — Gundelinae
Gundelia Tournefortii

Schema II.

Sämtliche Blüten zwittrig, lippenblütig.

Zahlreiche Species der Mutisieen besitzen Blütenköpfchen, die aus lauter scheinbar gleichförmigen zwittrigen Lippenblüten bestehen. Im folgenden soll gezeigt werden, in welcher Weise diese Formen von den Röhrenblüten des vorigen Schema abgeleitet werden können.

In Fig. 2 sind 4 Blüten von *Plazia daphnoides* dargestellt; sie stammen aus ein und demselben Köpfchen und folgen derart aufeinander, dass a die centralste, d die äusserste Stellung einnimmt. a ist die röhrenförmige Zwitterblüte. Durch eine prinzipiell einfache Veränderung, die sich nur auf die Kronzipfel bezieht, wird eine neue, von a

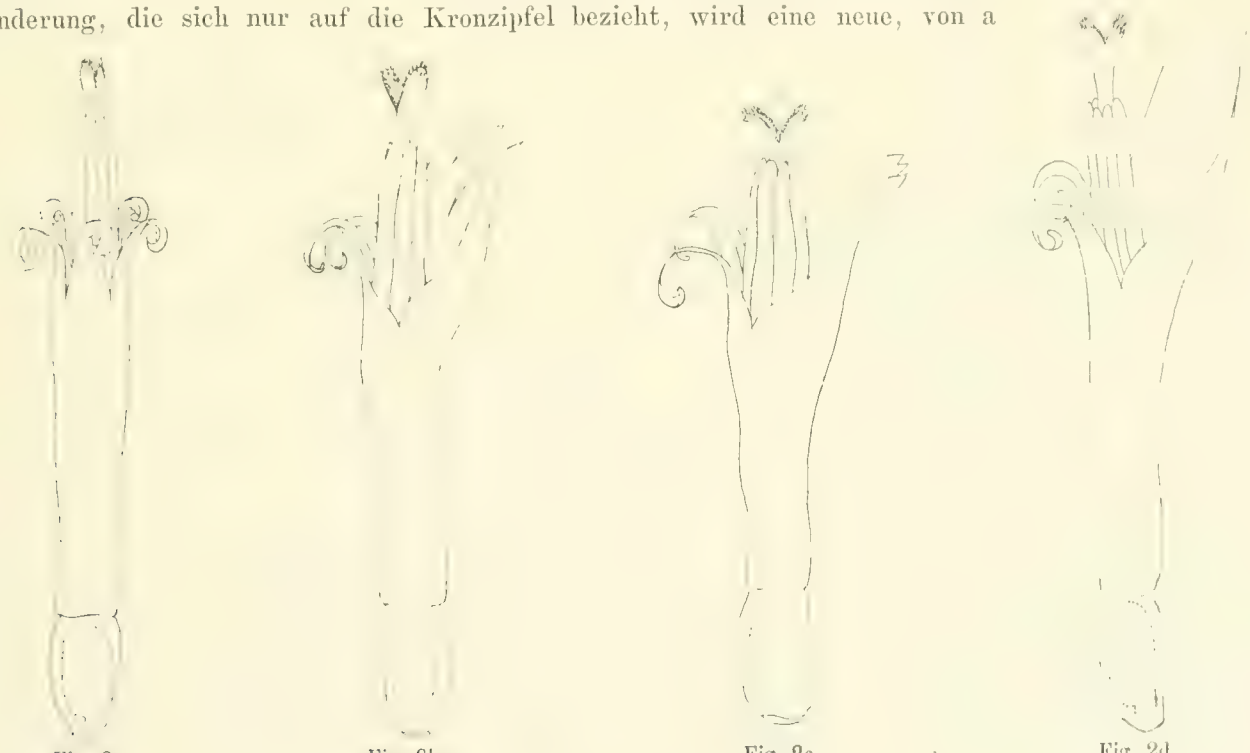
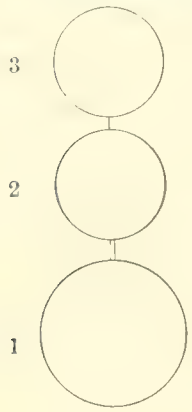


Fig. 2a Fig. 2b Fig. 2c Fig. 2d

Fig. 2. Plazia daphnoïdes

äusserlich sehr abweichende Form d erreicht Es findet hier ein Uebergang der Actinomorphie in die Zygomorphie statt. Der Vorgang ist folgender: Von den 5 Kronzipfeln der Blüte a verwachsen 3 teilweise miteinander und bilden die der Mutteraxe abgekehrte Unterlippe, während die ihr zugekehrten 2 freien[1]) Zipfel die Oberlippe darstellen (b). Die Verwachsung kann noch weiter gehen (c), so dass nur 3 Zähnchen der Unterlippe ihre Entstehung verraten. Oft verschmelzen auch diese mit einander und die Lippe wird dadurch ganz einheitlich. Durch eine Streckung der Unterlippe prägt sich der Lippencharakter noch weiter aus, wie bei d, der Dauerform, ersichtlich. Bei einigen Mutisieen zeigen die 2 Zipfel der Oberlippe eine Neigung zum Rudimentärwerden. Die Lippenblüte tendiert also in eine Zungenblüte überzugehen. Dass auf diesem Wege das Zungenstadium wirklich erreicht werden kann, wird in einem anderen Schema gezeigt werden.

Schema II A.
Entwicklung der Einzelblüten.

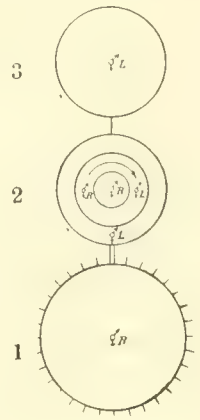


Zwitterblüte (lippig).
3 Kronz. fast bis zur Spitze oder ganz verwachsen. Sonst wie unten.

Uebergang von ⚥R — ⚥L
3 Kronz., teilweise verwachsen, 2 frei. Sonst wie unten.

Zwitterblüte (röhrenförmig).
Kronz. 5. Anth. 5. Ovulum. Drüse. Griffel geteilt, m. Papillen u. Fegehaaren.

Schema II B.
Entwicklung der Blütenköpfchen.
(Stadium 1 ist hypothetisch!)



⚥R = röhrenf. Zwitterblt.
⚥R ⚥L = Uebergang.
⚥L = lippige Zwitterblt.

Tubuliflorae — Mutisieae.
Mutisieae — Gochnatinae
Plazia daphnoides
Mutisieae — Nassauvinae
Homoianthus squamosus
Tritis stricta
„ *pallida*
Tritis divaricata
„ *acanthoides*
„ *paniculata*
Leuceria peduncularis
„ *senecioides*
Strongyloma axillare
Panargyrum (Nassauvia) spinosum

Die schematische Darstellung der Entwicklung der Einzelblüten zeigt Schema II A. Der erste Kreis gilt der röhrenförmigen Zwitterblüte, der zweite der Uebergangsform. Im vorliegenden Falle sind zweierlei Uebergänge der Bequemlichkeit halber in denselben Kreis gefasst; in Wirklichkeit ist die Zahl derselben oft noch eine viel grössere, denn die Entwicklung erfolgt eben nicht sprung- sondern stufenweise. Die zwittrige Lippenblüte als Dauerform ist durch den dritten Kreis dargestellt. Analog gestaltet sich die Entwicklung der Blütenköpfchen. Species, die noch Individuen

[1]) Die Ausdrücke „frei“ und „verwachsen“ sind streng genommen für die Zipfel der Lippen nicht anwendbar, denn sie sind ja alle mehr oder weniger verwachsen. Um Umschreibungen zu vermeiden, sei es hier dennoch gestattet, diese Ausdrücke anzuwenden.

mit lauter Röhrenblüten besitzen, fand ich nicht mehr; Kreis 1 ist also hypothetisch. Es enthalten überhaupt weitaus die meisten Köpfchen der lippenblütigen *Mutisieen* nur Dauerformen. Uebergänge von Röhren- zu Lippenblüten werden jedoch auch von Bentham erwähnt. Von den im Schema angeführten Species fanden sich nur bei zweien Uebergänge.

Es sind Repräsentanten aus allen 3 Gruppen der Tribus der Mutisieen untersucht worden. Die heterogamen *Gerberineen* werden im Schema XI behandelt. Die homogam-lippenblütigen *Nassauvineen* zeigten keine Abweichungen von den Angaben der Systematiker. Nur die Gattung *Plazia*, die von Hoffmann zu den *Gochnatinae* gerechnet wird, weil ihre homogamen Species actinomorph sein sollen, bildete eine Ausnahme, denn *Plazia daphnoides* zeigte die vollständige Entwicklungsreihe von der Röhren- bis zur Lippenblüte.

Schema III.

Sämtliche Blüten zwittrig und zungenförmig.

Die Tribus der *Liguliflorae* zeichnet sich durch ihre ausserordentliche Homogenität aus. Sämtliche Gruppen sind zwittrig und zungenförmig. Einige Species besitzen nach Murr allerdings auch noch röhrenblütige Exemplare, aber ausser diesen stets auch noch zungenblütige.

Die zwittrige Zungenblüte lässt sich sehr leicht von der röhrenförmigen Urform ableiten. Köhne, der die ontogenetische Entwicklung dieser Zungenblüten verfolgte, schreibt: „Die Zungenblüten der *Cichoriaceen* weichen nur in einem Punkte von der normalen Entwicklung der Blumenkrone ab. Es ist nämlich die Röhre der Corolle von Anfang an oberhalb der Abtrennungsstelle der Stamina zwischen den beiden nach hinten stehenden Blumenblättern der Länge nach aufgeschlitzt.“ Somit erklärt sich auch die Fünfzahl der Kronzipfel resp. Zähne bei den Zungenblüten. Köhnes Beobachtungen fand ich bestätigt. Als ich darauf ein Köpfchen mit Röhren- und Zungenblüten von *Hieracium barbatum* untersuchte, fiel mir die Aehnlichkeit zwischen der phylogenetischen und ontogenetischen Blütenentwicklung auf. Betrachten wir in Fig. 3 die Blüten von *Hieracium barbatum*. Die Urform ist a, sie stammt aus einem Köpfchen mit im übrigen normalen Zungenblüten, b ist Uebergangsform. Von der Abtrennungsstelle der Stamina an aufwärts ist diese Blüte wohl aufgeschlitzt, ihr oberer Kronteil jedoch hat sich nicht zungenförmig gestreckt, sondern die Länge der gewöhnlichen röhrenförmigen Zwitterblüte beibehalten. Man könnte diese Blüte für eine noch jugendliche Form der normalen Zungenblüten halten, bei der eine Streckung des oberen Kronteils noch nicht stattgefunden hat. Allein ein Blick auf die Zeichnung zeigt, dass die Sexualorgane vollständig entwickelt sind, dass sie sogar das zweite, weibliche Stadium erreicht haben. Diese Blüte verharrt also zeitlebens auf einem Entwicklungsstadium, welches demjenigen der jugendlichen Blüten der normalen Zungenform entspricht. c repräsentiert die normale Zungenblüte, die mit der Urform durch zahlreiche Zwischenformen verbunden ist. Es giebt Blüten-

Fig. 3a Fig. 3b Fig. 3c

Fig. 3. Hieracium barbatum. 37/1.

köpfchen, die nur aus solchen Uebergängen bestehen; oft findet man sie aber auch unter sonst normalen Blüten eines Köpfchens. Zahlreiche Uebergangsformen fand ich auch bei *Hieracium rhaeticum*, doch fehlten Köpfchen, die lauter Röhrenblüten enthielten. Nach Murr giebt es jedoch Hieracien,

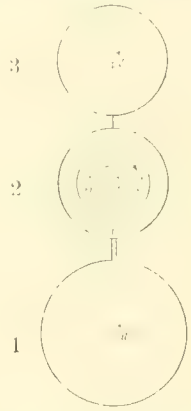
Schema III A.
Entwicklung der Einzelblüten.

Zwitterblüte (zungenförmig).
Kronzipfel ganz oder fast verwachsen.
Vorderer Kronteil stark gestreckt.
Sonst wie unten.

Uebergang von ♂*R* — ♂*L*
5 Kronzipfel, teilweise verwachsen.
Sonst wie unten.

Zwitterblüte (röhrenförmig).
Anth. 5. Kronzipfel 5 Ovulum. Drüse.
Griffel tief geteilt mit Papillen und Fegehaaren.

Schema III B.
Entwicklung der Blütenköpfchen.



♂*R* — röhrenf. Zwitterblüte.
♂*R* ♂*Z* Uebergang.
♂*Z* — zungenf. Zwitterblüte.

Liguliflorae — Cichorieae
Cichorieae — Dendroseridinae
Rea marginata
Cichorieae — Cichorinae
Cichorium intybus
Lampsana communis
Aposeris foetida
Arnoseris minima
Catananche coerulea
Cichorieae — Leontodontinae
Hypochoeris radicata
„ *glabra*
„ *uniflora*
Picris hieracioides
Leontodon alpestris
„ *hispidus*
„ „ *Var. pseudocrispus*
Tragopogon minor
„ *pratensis*
Cichorieae — Crepidinae
Crepis biennis
„ *tectorum*

mit Uebergängen
mit Uebergängen
nach Murr mit röhrigen Blüten

Crepis virens
„ *paludosa*
Prenanthes purpurea
Lactuca perennis
„ *sativa*
Taraxacum officinale
Chondrilla juncea
Mulgedium alpinum
Hieracium alpinum
„ *glanduliferum*
„ *pilosella*
„ *auricula*
„ *barbatum*
„ *rhaeticum*
„ *tubulosum*
„ *inapertum*
„ *piliferum*
„ *ustulatum*
„ *armerioides*
„ *cirritum*
„ *fulginatum*
„ *murorum*
„ *brachiatum*

bei denen die röhrigen Blüten die fast ausnahmslose Regel bilden; ebenso fand er eine Waldform von *Hieracium brachiatum* ausschliesslich mit Röhrenblüten. Röhrige Formen kommen ferner vor bei:

Hieracium tubulosum, inapertum, ferner *Hieracium piliferum, glanduliferum, ustulatum, armerioides, cirritum* u. s. w. Auch *Taraxacum officinale* wird bisweilen mit durchaus röhrigen Blüten gefunden.

Das Schema für die Blütenentwicklung gestaltet sich sehr einfach, da hypothetische Kreise nicht vorhanden sind.

Ich habe von der artenreichen Gruppe der Cichorieen relativ wenige Arten untersucht, da wegen der Homogenität der Gruppe weitere Abweichungen unwahrscheinlich sind.

Schema IV.

a. Röhrenblütige Gynomonöcisten.

Von den ca. 120 Arten der Gattung *Gnaphalium* habe ich 101 untersucht. Weitaus die Mehrzahl derselben, nämlich 94, erwiesen sich als gynomonöcisch, d. h. alle Individuen besitzen Köpfchen, die central Zwitterblüten, peripherisch weibliche Blüten mit meist schmaler dreizipfliger Kronröhre enthalten. Auf dem Schema sind ausserdem noch 101 Arten anderer Gattungen mit gleicher Geschlechterverteilung angeführt. Ich will versuchen, die Ableitung dieser Gynomonöcisten von den Hermaphroditen zu veranschaulichen.

Es besitzen nicht alle 195 hier angeführten Arten nur die beiden extremen Formen der Zwitterblüte und der randständigen schmalröhrigen weiblichen Blüten. Einige Arten. z. B. *Conyza saxatilis, Gnaphalium candidissimum* und *filiforme* haben in ihren Köpfchen zwischen den beiden extremen Dauerformen noch Uebergangsformen eingeschaltet, die in lückenloser Weise eine Verbindung zwischen ihnen herstellen. Betrachten wir die in Fig. 4 abgebildeten Blüten von *Conyza saxatilis.* Auf a, die normale im Centrum stehende Zwitterblüte, folgt b, die sich von ihr durch rudimentäre Antheren

Fig. 4a1 Fig. 4b Fig. 4c Fig. 4d

Fig. 4. Conyza saxatilis. 37/1.

und die etwas schmälere Kronröhre unterscheidet. Die Antherenrudimente sind bei der nächstfolgenden Blüte (c) ganz geschwunden und die Verschmälerung der Kronröhre ist noch weiter vorgeschritten. Form d endlich repräsentiert die schmalröhrige weibliche Randblüte der grossen Menge der Gynomonöcisten und, wie später gezeigt werden wird, auch der Monöcisten und Diöcisten. In Wirklichkeit sind diese 4 Blütenformen noch durch feinere Abstufungen verbunden; ihre Stellung im Köpfchen ist aber immer die gleiche, nämlich: die extremen Formen zu äusserst und innerst, die Uebergänge in streng phylogenetischer Reihenfolge in der Mitte. Bei den meisten Gynomonöcisten findet man, wie erwähnt, keine Uebergangsformen mehr.

Von besonderem Interesse ist es, dass es Gynomonöcisten giebt, die eine phylogenetisch jüngere Entwicklungsstufe als *Conyza saxatilis* darstellen. Ich fand nämlich 9 Arten, die es überhaupt noch nicht zur Bildung der weiblichen Dauerformen gebracht haben. Ihre Individuen besitzen Köpfchen, die ausser den Zwitterblüten noch einige Reihen Randblüten enthalten, bei denen ausnahmslos noch Antherenrudimente zu finden sind und deren Corollen dementsprechend weitröhriger sind. (Im Speciesverzeichnis bezeichnet mit: Schema A. 1, 2, Schema B. 2.) Von den Systematikern werden sie zu der grossen Menge der übrigen Compositen mit Zwitterblüten und schmalröhrigern weiblichen Randblüten gerechnet, in entwicklungsgeschichtlicher Hinsicht jedoch nehmen sie eine Sonderstellung ein.

Zu erwähnen ist, dass bei allen diesen Umwandlungsphasen der Zwitterblüte der Fruchtknoten unverändert bleibt. Die Honigdrüsen werden dagegen mit der allmählichen Verschmälerung der Corolle immer kleiner. Der Griffel wird stark modificiert. Bei den Zwitterblüten sind die Narbenäste mehr oder weniger stumpf und dick (Fig. 4a2), bei den Uebergangsformen werden sie schlanker, auch die Fegehaare verschwinden allmählich. Den Griffeln der Randblüten ist ihre einstige Nebenfunction als Pollenbürsten überhaupt nicht mehr anzumerken.

Fig. 4a2

Köpfchen mit lauter Zwitterblüten habe ich nicht gefunden; doch ist es wohl möglich, dass rein zwittrige Individuen noch neben den gynomonöcischen existieren.

In dem Schema A kommen Species aus 4 Subtribus vor. Die am zahlreichsten vertretenen *Gnaphalieen* sind als Hermaphroditen auch im Schema I und als Diöcisten auch im Schema VIII erwähnt. Sie weichen also in ihrem Verhalten von den Angaben Hoffmanns, der sie alle als gynomonöcisch bezeichnet, ab. Die zu derselben Gruppe gehörige Gattung *Antennaria* ist nach Hoffmann zweihäusig; 3 Species jedoch fand ich gynomonöcisch. Auch bei *Anaphalis* fand ich 7 gynomonöcische Species, obgleich diese Gattung durch Ueberwiegen des einen oder anderen Geschlechtes zweihäusig sein soll. Die übrigen Species stimmten mit den systematischen Angaben überein.

b. Röhrenblütige Gynomonöcisten mit reducierter Corolle bei den weiblichen Randblüten.

Betrachtet man ein Köpfchen der beschriebenen Species und zwar eines von der Dauerform mit schmalröhrigen weiblichen Randblüten (Schema B, Stadium 4), so lässt sich eine weitere Differenzierung dieser letzteren kaum vorstellen, und doch schliessen sich ihnen zwei interessante Gegenreihen der Entwicklung an. In der einen geht die schon sowieso reducierte Kronröhre der weiblichen Randblüten einem völligen Schwinden entgegen *(Haastia)*, in der anderen gelangt sie zu einer immer stärkeren Ausbildung *(Erigeron)*. Die Zwitterblüten bleiben von allen Umwandlungen unberührt. Betrachten wir zuerst die Reductionsreihe. Von *Haastia Sinclairii* sind in Fig. 5 drei weibliche Blüten abgebildet. Form a ist identisch mit der Randblüte der übrigen Gynomonöcisten; b dagegen zeigt schon eine starke Reduction der Kronröhre, von der nur ein unzusammenhängendes Bruchstück vorhanden ist, das bei d überhaupt ganz fehlt. Nach Hoffmann haben die Randblüten alle kurzröhrige Blumenkronen. Die Blüten mit reducierter oder fehlender Corolle, die ich in der Mehrheit fand, hat er nicht beobachtet.

Bei den Blüten mit fehlender Corolle ist ausser der Drüse nur das Pistill vorhanden. Diese drei Blüten mit ihren noch feineren Abstufungen finden sich entweder in demselben Köpfchen, dann

Fig. 5a Fig. 5b Fig. 5c

Fig. 5. Haastia Sinclairii. 37/1.

a zunächst der Zwitterblüte und c zu äusserst, oder auf verschiedenen Köpfchen. Uebergänge der Zwitterblüte in die weibliche Dauerform fehlen bei *Haastia;* das ist begreiflich, da bei Blüten, deren Differenzierung eine sehr hohe, über die gewöhnliche Grenze hinausgehende ist, die ersten Entwicklungsstadien selten noch erhalten sind. Analog *Haastia Sinclairii* verhält sich *Conyza Roylei.*

c. Röhrenblütige Gynomonöcisten mit vergrösserter Corolle bei den weiblichen Randblüten.

Ein prägnantes Gegenbild zu *Haastia* bilden die meisten Species der Gattung *Erigeron.* Auch hier besitzen die Köpfchen central die Urform, dann weibliche Blüten von der Dauerform, ferner eine Reihe weiterer Formen. Während diese aber bei *Haastia* zu einer immer stärkeren Reduction der Kronröhre führen, gelangen sie bei *Erigeron* zu einer immer stärkeren Evolution, so dass eine lückenlose Stufenleiter von den reducierten Blüten des innersten weiblichen Kreises zu den peripherischen mit wohlausgebildeten Zungen führt. *Erigeron sophiaefolius* und *Erig. spatulatus* zeigen interessanter Weise gar keine Zungenblüten, sie gehören also vollständig zu den gewöhnlichen Gynomonöcisten.

Bei *Erigeron acer* sind die Zungen auch bei den zu äusserst stehenden Blüten schwach entwickelt. *Erigeron alpinus* zeigt von dem innersten Kreise weiblicher Blüten zur Peripherie zu eine vollständige Entwicklungsreihe weiblicher Blüten (Fig. 6).

Die Entwicklung der Zunge findet in der Weise statt, dass drei von den Kronzipfeln der Blüte a sich strecken und zwei im Wachstum zurückbleiben. (Es sei hier bemerkt, dass nicht immer wie zufällig bei *Conyza saxatilis* die Dauerformen nur drei Kronzipfel besitzen, sondern viele Gynomonöcisten konservieren trotz der Schmalheit der Krone alle 5 Zipfel. Siehe auch *Antennaria dioica.*)

Die Figuren 6b—c veranschaulichen die immer stärkere Ausbildung und Verwachsung der drei Kronzipfel; in Wirklichkeit ist die Zahl der Uebergänge eine noch grössere. Die beiden

hinteren Kronzipfel werden im Laufe der Entwicklung immer mehr reduciert und verschwinden bei den peripherischen Zungenblüten meist gänzlich. Bei *Erigeron canadensis* fand ich keine weiblichen Blüten mit reducierten Kronen. Ueberall zeigte sich wenigstens die erste Ausbildungsstufe einer Zunge.

Kirchner hat allerdings auch noch zungenlose weibliche Blüten gefunden. Uebergänge der Urform in die weibliche Dauerform fehlen auch bei *Erigeron*.

Die Systematik wird durch die vielen Uebergangsformen der Gattung *Erigeron* sehr erschwert. Müller (X p. 445) charakterisiert *Erigeron alpinus* als gynomonöcisch mit Dimorphismus der weiblichen Blüten. Vom entwicklungsgeschichtlichen Standpunkt aus ist aber der Ausdruck „Dimorphismus“ auf die weiblichen Blüten von *Erigeron* bezogen entschieden zu verwerfen; denn es sind nicht zweierlei, sondern vielerlei Blüten vorhanden. Auch der Ausdruck „Polymorphismus“ würde hier nicht passend sein; denn jede Blüte ist von der auf dem nächsten Kreise folgenden ja nicht wesentlich verschieden, sondern repräsentiert nur die Eigentümlichkeiten der Nachbarblüten in einer höheren oder niedrigeren Potenz.

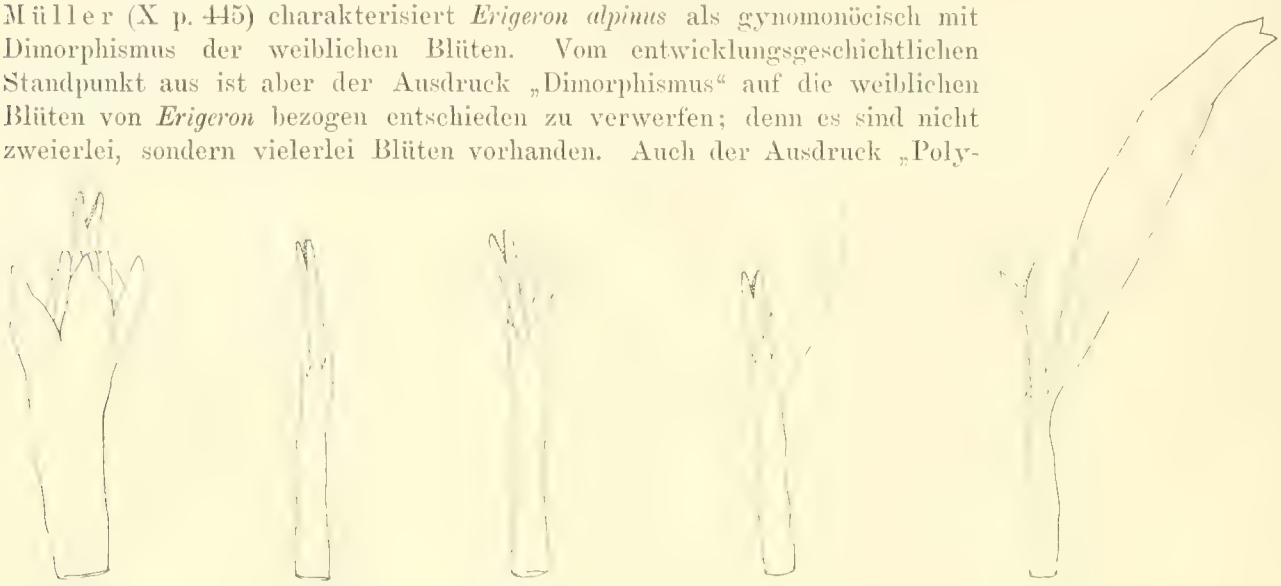


Fig. 6a Fig. 6b Fig. 6c Fig. 6d Fig. 6e

Fig. 6. Erigeron alpinus. 15/1.

Der Uebersichtlichkeit halber ist die Entwicklung der röhrenblütigen Gynomonöcisten a und diejenige der sich ihnen anschliessenden Species der beiden Gegenreihen b und c auf demselben Schema veranschaulicht. Bei sämtlichen Species ist angegeben, welche Formen der Schemata A und B vorhanden sind.

Schema IV A.
Entwicklung der Einzelblüten.

♀ Blüte.
Krone fehlt.
Sonst wie unten.

♀ Zungenblüte.
Kronblatt zungenförmig.
Hintere Kronzipfel rud. od. fehlend.
Sonst wie unten.

Uebergang zu ♀ *Rr* **Blüte.**
Kronröhre sehr reduziert.
Sonst wie unten.

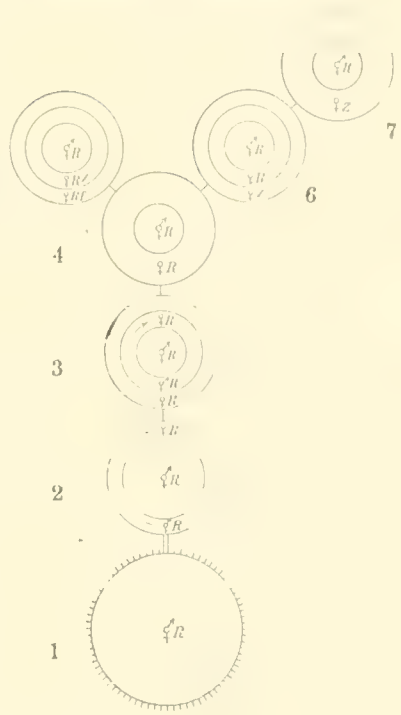
Uebergang zu ♀ **Zungenblüte.**
3 Kronzipfel, teilweise verwachsen, 2 frei, Streckung des Kronblattes.
Sonst wie unten.

♀ *R* Blüte (Dauerform).
Kronzipfel 5 od. 3. Kronröhre meist schmal. Drüse rud. oder fehlend. Griffel oft ohne Fegehaare.

Uebergang zu ♀ **Blüte.**
Kronz. 5 oder 3. Krone schmäler. Anth rud. oder fehlend. Griffel schlanker. Fegehaare und Drüse.

Zwitterblüte (röhrenförmig).
Kronz. 5. Anth. 5. Ovulum. Drüse. Griffel tief geteilt mit Papillen und Fegehaaren.

Schema IV B.
Entwicklung der Blütenköpfchen.



♀ *R* = weibliche Röhrenblüte.
♀ *Rr* = weibliche Blüte mit reduzierter Kronröhre.
♀ *Rf* = weibliche Blüte mit fehlender Kronröhre
♀ *Z* = weibliche Zungenblüte.

a. Tubuliflorae — Astereae

Astereae — Grangeinae

Solidago Mikropus erectus Sch. A 1, 3. Sch. B 4.

Astereae — Conyzinae

Conyza saxatilis Schema A 1, 2, 3. Schema B 2, 3.
„ *macrophylla* „ 1, 3. „ 4.
„ *lacera* „ 1, 3. „ 4.
„ *pinnatifida* „ 1, 3. „ 4.
„ *pyrrhopappa* „ 1, 3. „ 4.
„ *subularis* „ 1, 3. „ 4.
„ *scabrida* „ 1, 3. „ 4.
„ *Sprengelii* „ 1, 3. „ 4.
„ *stricta* „ 1, 3. „ 4.
„ *arguta* „ 1, 3 „ 4.
„ *umbrosa* „ 1, 3. „ 4.
„ *veronicaefolia* „ 1, 3. „ 4.
„ *viscidula* „ 1, 3. „ 4.
„ *Yungasensis* „ 1, 3. „ 4.

Tubuliflorae — Inuleae

Inuleae — Filaginae

Filago canescens Schema A 1, 3. Schema B 4.
„ *apiculata* „ 1, 3. „ 4.
Filago spatulata Schema A 1, 3. Schema B 4.
„ *arvensis* „ 1, 3. „ 4.

Inuleae — Gnaphalinae

Gnaphalium candidissimum
„ *filiforme* Sch. A. 1, 2, 3. Sch. B. 2, 3.
„ *luteo-album* „ 1, 2, 3. „ 2, 3.
„ *uliginosum* „ 1, 3. „ 4.
„ *supinum* „ 1, 3. „ 4.
„ *norvegicum* „ 1, 3. „ 4.
„ *silvaticum* „ 1, 3. „ 4.
„ *Hoppeanum* „ 1, 3. „ 4.
„ *cynoglossoides* „ 1, 3. „ 4.
„ *confusum* „ 1, 3. „ 4.
„ *multiceps* „ 1, 3. „ 4.
„ *hypoleucum* „ 1, 3. „ 4.
„ *citrinum* „ 1, 3. „ 4.
„ *Vira-vira* „ 1, 3. „ 4.
„ *decurrens* „ 1, 3. „ 4.
„ *undulatum* „ 1, 3. „ 4.
„ *polycephalum* „ 1, 3. „ 4.
„ *pellitum* „ 1, 3. „ 4.
„ *roseum* „ 1, 3. „ 4.

Gnaphalium micranthum	Sch. A 1, 3.	Sch. B 4.
„ *indicum*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *purpureum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *spicatum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *americanum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *involueratum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *globosum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *cephaloideum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *bellidioides*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *fernandezianum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *melanosphaerum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *unionis*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *albidum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *nilagiricum*	„ 1, 3.	„ 1
„ *oblongum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *albescens*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *alpigenum*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *attenuatum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *brachypterum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *crispatulum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *filicaule*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *germanicum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *glomeratulum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *gracile*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *inornatum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *oxyphyllum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *paniculatum*	„ 1, 3.	„ 1
„ *polyphyllum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *Popocatepeccianum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *rectum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *rhodantum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *Roeseri*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *semiamplexicaule*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *stenophyllum*	„ 1, 3.	„ 1.
Traversii	„ 1, 3.	„ 1.
„ *trinerve*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *undulatum*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *Weddelianum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *Wilmsii*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *Notorianum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *fusco-luteum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *leucopilinum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *Helichrysoides*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *Hudwarianum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *Steudelii*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *acilepis*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *niliaeum*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *palustre*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *Pancicii*	„ 1, 3.	„ 4.

Gnaphalium ramosissimum	Sch. A 1, 3.	Sch. B 4.
„ *resedaefolium*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *sarmentosum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *Schraderi*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *semidecurrens*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *chilense*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *Berterianum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *Bourgovii*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *candicans*	„ 1, 3.	„ 1
„ *cheiranthifolium*	„ 1, 3.	„ 1
„ *citriodorum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *collinum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *cymatoides*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *Domingense*	„ 1, 3.	„ 1
„ *Einseleanum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *sphaericum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *japonicum*	„ 1, 3.	„ 1
„ *Keriense*	„ 1, 3.	„ 1
„ *lavandulaceum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *leptophyllum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *linearifolium*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *pauciflorum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *Pikleri*	„ 1, 3.	„ 1
„ *puberulum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *pulvinatum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *purpurascens*	„ 1, 3.	„ 1.
Antennaria margaritifera	„ 1, 3.	„ 1.
„ *javanica*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *tenella*	„ 1, 3.	„ 1.
Anaphalis japonica	„ 1, 3.	„ 1.
„ *araneota*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *cristata*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *linearis*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *nubigena*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *oblonga*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *Wightiani*	„ 1, 3.	„ 1.
Helichrysum Hochstetteri	„ 1, 2.	„ 2.
„ *antennarium*	„ 1, 2.	„ 2.
„ *serpyllifolium*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *spatulatum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *Sprengelii*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *graveolens*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *atratum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *ambiguum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *amorginum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *apiculatum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *imbricatum*	„ 1, 3.	„ 1.
„ *teretifolium*	„ 1, 3.	„ 1.
Leptorhynchus squamatus	„ 1, 2.	„ 2.

Chiliocephalum Schimperi	Sch. A 1, 2.	Sch. B 2.
Eriosphaera coriacea	„ 1, 2.	„ 2.
Amphidoxa gnaphaloides	„ 1, 3.	„ 4.
Chevreulia stolonifera	„ 1, 3.	„ 4.
Facelis apiculata	„ 1, 3.	„ 4.
Lasiopogon lanatum	„ 1, 3.	„ 4.
Phagnalon Abyssinicum	„ 1, 3.	„ 4.
„ *saxatile*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *rupestre*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *calycinum*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *aegypticum*	„ 1, 3.	„ 4.
Achyrocline satureioides	„ 1, 3.	„ 4.
„ *Schimperi*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *sclerochlaena*	„ 1, 3.	„ 4.
Lucilia conoidea	„ 1, 3.	„ 4.
„ *Bogotensis*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *macrocephala*	„ 1, 3.	„ 4.
Raoulea glabra	„ 1, 3.	„ 4.
„ *Parkii*	„ 1, 3.	„ 4.
Stuartina Mülleri	„ 1, 3.	„ 4.

Inuleae — Inulinae

Carpesium divaricatum	Sch. A 1, 2.	Sch. B 2, 3.
„ *glossophyllum*	„ 1, 2.	„ 2, 3.
„ *nepalense*	„ 1, 2.	„ 2, 3.
„ *cernuum*	„ 1, 2.	„ 2, 3.
„ *abrotanoides*	„ 1, 3.	„ 4.

Tubuliflorae — Anthemideae

Anthemideae — Chrysantheminae

Artemisia glacialis	Sch. A 1, 3	Sch. B 4.
„ *absinthium*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *Mutellina*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *Abrotanum*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *campestris*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *nana*	„ 1, 3.	„ 4.
Blumea lacera	Sch. A 1, 3.	Sch. B 4.
„ *glandulosa*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *oxyodonta*	„ 1, 3.	„ 4.

Tubuliflorae — Senecioneae

Senecioneae — Senecioninae

Homogyne alpina	Sch. A 1, 3.	Sch. B 6.

b. Tubuliflorae — Astereae

Astereae — Conyzinae

Haastia Sinclairii	Sch. A 1, 3, 4, 5.	Sch. B. 4, 5.
Conyza Roylei	„ 1, 3, 4, 5.	„ 4, 5.

c. Tubuliflorae — Astereae

Astereae — Bellidinae

Erigeron uniflorus	Sch. A 1, 3.	Sch. B 4.
„ *sophiaefolius*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *spatulatus*	„ 1, 3.	„ 4.
„ *alpinus*	Sch. A 1, 3, 6, 7.	Sch. B 6.
„ *angulosus*	„ 1, 3, 6, 7.	„ 6.
„ *Villarsii*	„ 1, 3, 7.	„ 6.
„ *neglectus*	„ 1, 3, 7.	„ 6.
„ *Pazensis*	„ 1, 3, 7.	„ 6.
„ *podolicus*	„ 1, 3, 7.	„ 6.
„ *Paeppigii*	„ 1, 3, 7.	„ 6.
„ *Schleicheri*	„ 1, 3, 7.	„ 6.
„ *glabratus*	„ 1, 3, 7.	„ 6.
„ *canadensis*	Sch A 1, 3, 6, 7 od. 1—6, 7.	„ 6, 7.
„ *acer*	„ 1, 3, 6, 7 „ 1—6, 7.	„ 7.
„ *andicola*	Sch. A 1—7.	Sch. B. 7.
„ *armeriaefolius*	„ 1—7.	„ 7.
„ *Philadelphicus*	„ 1—7.	„ 7.
„ *poliospermus*	„ 1—7.	„ 7.
„ *purpureus*	„ 1—7.	„ 7.
„ *scaposus*	„ 1—7.	„ 7.
„ *Utahensis*	„ 1—7.	„ 7.

Schema V.

Sämtliche Blüten röhrenförmig, zwittrig und weiblich. (Gynodiöcisten.)

Die Gattung *Brachylaena* wird von Bentham und Hoffmann (p. 174) als diöcisch bezeichnet; hie und da sollen auch gynomonöcische Formen vorkommen. Von den 6 existierenden Arten habe ich 4 untersucht; sie zeigten ein interessantes Verhalten. Eine Species, *Brachylaena elliptica,* fand ich rein diöcisch, eine andere, *Brachyl. discolor,* bildete einen Uebergang zur Diöcie, denn die zwittrigen Köpfchen sind oft mehr männlich als hermaphrodit. *Brachyl. dentata* fand ich gynodiöcisch und *Brachyl. nereifolia* stellt nur einen Uebergang zur Gynodiöcie dar, weil die weiblichen Blüten noch alle rudimentäre Antheren enthalten, also nicht vollständig weiblich sind. In analoger Weise stellt *Carpesium divaricatum* eine Verbindung zwischen den rein zwittrigen und den

rein gynomonöcischen Individuen her. In Fig. 7 ist die Zwitterblüte von *Brachyl. nereifolia* (a) und ihr Uebergang in die weibliche Form dargestellt. Die Entwicklung der Einzelblüten erfolgt ganz in derselben Weise wie bei den Species des vorigen Schema. Anders verhalten sich die Blütenköpfchen. Es lassen sich aber die Gynodiöcisten, d. h. deren gynöcische Individuen, leicht von den gynomonöcischen ableiten. Wir brauchen uns nur vorzustellen, dass in einem Zwitterköpfchen die Verweiblichung nicht nur die Randblüten ergreift (Gynomonöcie), sondern auch sämtliche centralen Blüten, und die Gynöcie ist erreicht. Sind ausserdem noch hermaphrodite Exemplare erhalten, so ist die Species gynodiöcisch. Es ist nun nicht gesagt, dass jede Species nur eine Geschlechterverteilung besitzt. Im Gegenteil, es ist sehr wohl möglich, dass eine und dieselbe Species sich Bentham gynomonöcisch, Hoffmann diöcisch und mir gynodiöcisch zeigte; denn diese Geschlechterverteiluugen stehen miteinander in engem Zusammenhang. Die Entwicklungsreihe ist folgende:

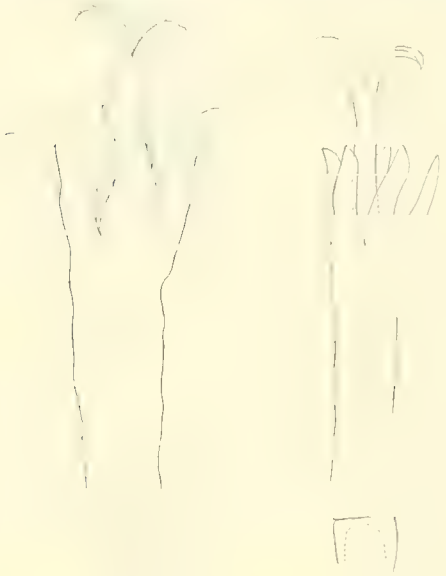


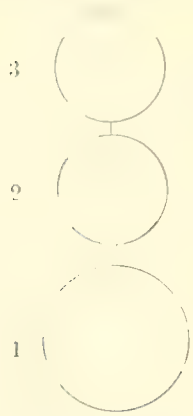
Fig. 7a Fig. b
Fig. 7. Brachylaena nereifolia 25/1.

Hermaphroditismus → Gynomonöcie → Gynöcie
Hermaphroditismus → Andromonöcie → Andröcie.

Treten Gynöcie und Andröcie allein bei einer Species auf *(Brachyl. elliptica)*, so ist sie diöcisch. Andromonöcie und Gynöcie bilden eine unvollständige Diöcie *(Brachyl. discolor)*. Hermaphroditismus und Gynöcie = Gynodiöcie *(Brachyl. dentata)* etc. Es sind natürlich auch andere Combinationen möglich und auch vorhanden.

Von den zwei übrigen zu dieser Gruppe gehörigen Gattungen habe ich noch *Tarchonanthus* untersucht. *Tarch. camphoratus* fand ich unvollständig diöcisch (Andromonöcie und Gynöcie). (Siehe Schema VIII.)

Schema V A.
Entwicklung der Einzelblüten.

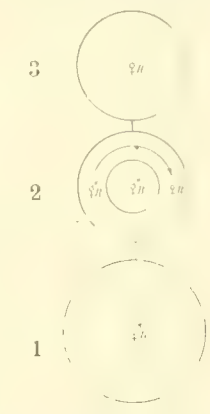


3 **♀ *R* Blüte.** Kronz. 3 oder 5. Anth. fehlen. Drüse klein. Ovul. Griffel fast nur mit Papillen.

2 **Uebergang** von ♂ *R* — ♀ *R* Kronz. 5. Anth. rudimentär. Ovulum. Drüse. Griffel mit Papillen. (Fig. 7b)

1 **Zwitterblüte** (röhrenförmig). Kronz. 5. Anth. 5. Ovulum. Drüse. Griffel geteilt, m. Papillen u. Fegehaaren. (Fig. 7a)

Schema V B.
Entwicklung der Blütenköpfchen.



♂ *R* = röhrenf. Zwitterblüte.
♂ *R* → ♀ *R* = Uebergang.
♀ *R* = weibl. Röhrenblüte.

Tubuliflorae — Inuleae
Inuleae — Tarchinanthinae
Brachylaena nereifolia
„ *dentata*

Schema VI.

Blüten zwittrig röhrenförmig, weiblich zungenförmig und neutral zungenförmig.

(Gynomonöcie — Agamogynomonöcie.)

Die Compositen, deren Scheibenblüten zwittrig röhrenförmig und deren Randblüten aus weiblichen oder neutralen Zungenblüten oder aus beiden zugleich besteht, sind auf zwei von einander abweichenden Wegen zu ihrer Entwicklung gelangt.

1. Fall: es beteiligen sich alle fünf Kronzipfel der Röhrenblüte an der Bildung der Zunge.

2. Fall: es beteiligen sich nur drei Kronzipfel an der Bildung der Zunge; die zwei anderen werden rudimentär und sind häufig noch an der völlig entwickelten Blüte sichtbar; oft verschwinden sie aber gänzlich und sind nur durch ontogenetische Untersuchungen bisweilen nachweisbar.

Nach dem ersten Modus entwickeln sich die Blütenköpfchen von *Senecio carniolicus, cordifolius, Anthemis nobilis, cotula* und *Aronicum Clusii,* indem ihre Zwitterblüten unter Beibehaltung der ganzen Weite ihrer Kronröhre und gleichzeitiger Reduction der Stamina sich direct in weibliche Zungenblüten verwandeln. Die Transformation der fünfzipfligen Kronröhre in die Zungenform findet in gleicher Weise wie bei den *Cichoriaceen* (pag. 9) statt, denn auch hier geht die Verschmelzung der Zipfel unter gleichzeitiger Streckung der Zunge vor sich, während an einer Stelle das Wachstum unterbleibt. Bei den *Cichoriaceen* jedoch wird der Hermaphroditismus auch nach Erreichung der Zungenform streng beibehalten, während bei den *Senecioneen* und den sich analog entwickelnden Species, das Rudimentärwerden der Antheren schon sehr frühzeitig, bei *Senec. cordifolius* sogar schon vor jeglicher Modification der Krone beginnt. Betrachten wir die in Fig. 8 a, b, c, d, e, f

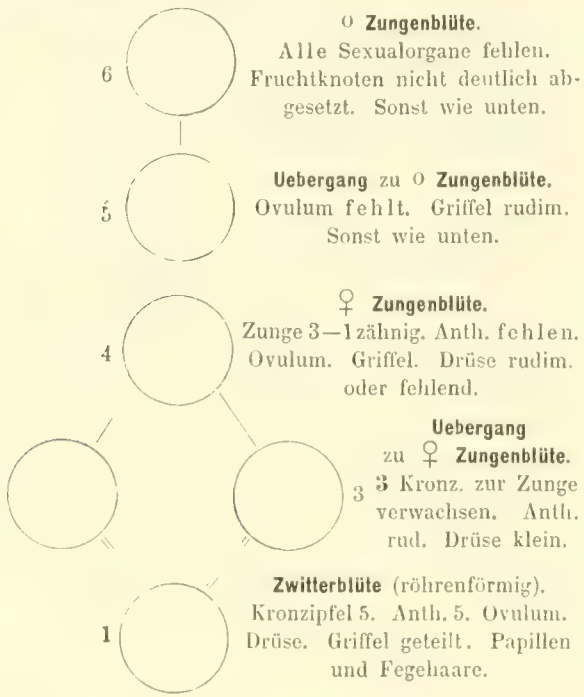
Fig. 8a Fig. b Fig. c Fig. d Fig e Fig. f

Fig. 8. Anthemis cotula 10/1.

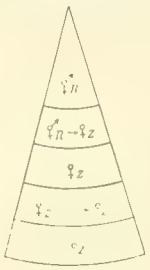
dargestellte Entwicklung von *Anthemis cotula.* Von der centralstehenden Zwitterblüte zu der neutralen zungenförmigen Randblüte führen vier Phasen der Entwicklung. b zeigt noch stark die Röhrenform, fünf Zipfel sind noch deutlich ausgeprägt und die Antheren sind noch rudimentär erhalten. Eine vollständig weibliche Zungenblüte ist d, eine Dauerform. In e ist der Uebergang zur neutralen Blüte dargestellt. Das Ovulum ist verschwunden, am Griffel hat sich nur der eine Narbenast erhalten. Auf diese Uebergangsform folgt f, die völlig neutrale Randblüte. Diese sechs Blütenformen sind oft noch durch eine Reihe feinerer Uebergänge verbunden. Meistens sind die verschiedenen Zungenblüten nicht in ein und demselben Köpfchen enthalten. Einige Köpfchen besitzen z. B. nur weibliche Zungenblüten mit oder ohne Uebergänge zur Zwitterblüte, andere haben lauter neutrale Randblüten, noch andere weibliche und Uebergänge zu neutralen Zungenblüten. Besonders geeignet zur Untersuchung fand ich kultivierte Exemplare; denn, statt dass sich, wie im unkultivierten Zustand, nur 1–2 selten mehr Kreise von Zungenblüten bilden, wandelt sich in diesem Falle auch ein grosser Teil der centralen Zwitterblüten in Zungenblüten um. Bei einem

kultivierten Exemplar von *Anthemis nobilis* konnte ich in demselben Köpfchen die ganze Scala der Entwicklung von der Urform bis zur neutralen Zungenblüte verfolgen, denn: alle Blüten desselben Blütenkreises sind mit seltenen unbedeutenden Abweichungen einander gleich. Stützt man sich auf diese Beobachtung, so kann man leicht schon mit blossem Auge die ungefähre Zahl der in einem Köpfchen vorhandenen verschiedenen Blütenformen konstatieren.

Schema VI A.
Entwicklung der Einzelblüten.



Schema VI B.
Entwicklung der Blütenköpfchen.



♂R = zwittrige Röhrenblüte.
♂R → ♀Z = Uebergang.
♀Z = weibliche Zungenblüte.
♀Z → oZ Uebergang.
oZ = neutrale Zungenblüte.

Tubuliflorae — Heliantheae
Heliantheae — Zimnirae
Heliopsis scabra

Tubuliflorae — Anthemideae
Anthemideae — Anthemidinae
1. 2. 3. 4. 5. 6. *Anthemis Cotula*
„ *nobilis*

Anth. — Chrysantheminae.
1. 4. Chrysanthemum Leucanthemum

Tubuliflorae — Senecioneae
Senecioneae — Senecioninae
Senecio carniolicus
„ *cordifolius*
Aronicum Clusii
Doronicum caucasicum

Was den zweiten Modus der Entwicklung in Zungenblüten betrifft, so konnten noch keine lückenlosen Entwicklungsreihen für die Zungenblüten, bei denen Rudimente der zwei hinteren Kronzipfel noch makroskopisch sichtbar waren und solchen, bei denen der Zeitpunkt ihres Verschwindens noch embryonal nachweisbar, aufgestellt werden. Durchgeführt ist dagegen die vollständige ontogenetische Untersuchung der Entwicklung einer Zwitterblüte und einer weiblichen Zungenblüte von *Doronicum caucasicum* und *Chrysanthemum Leucanthemum*. Sie führte zu dem Resultat, dass im vorliegenden Falle die beiden hinteren Kronzipfel überhaupt nicht mehr gebildet wurden, während die Anlagen zu den Antheren noch deutlich sichtbar waren. An einer jungen weiblichen Zungenblüte von *Heliopsis scabra* sind nach den Zeichnungen von Payer (Pl. 134, 3 à 31) auch die Anlagen zu den hinteren Kronzipfeln vorhanden, sie entwickeln sich aber nicht.

Wie lässt sich nun bei einer Species, die keine Uebergangsformen besitzt, entscheiden, ob sie zum ersten oder zweiten Entwicklungstypus gehört? In einigen Fällen lässt sich die Bestimmung an den erwachsenen Blüten leicht machen. Ist die Zunge z. B. fünfzähnig, so sind eben alle fünf Zipfel zu einer Zunge verwachsen. Ist die Zunge aber dreizähnig, was sehr häufig der Fall ist, so lässt sich durchaus nicht der Schluss ziehen, dass nur drei Zipfel an der Zungenbildung beteiligt sind. *Senecio cordifolius* und *Chrysanth. Leucanthemum* z. B. haben beide dreizähnige Zungen, und doch sind in dem einen Falle fünf, in dem anderen nur drei Zipfel zur Zunge vereinigt. Häufig ist die Zungenspitze vollständig einheitlich und giebt also gar keine Anhaltspunkte für ihre Entstehung. Finden sich bei einer Zungenblüte noch die Rudimente der hinteren Zipfel, so lässt sich sicher annehmen, dass ein, wenn auch noch so kurzes Lippenstadium durchlaufen worden ist; finden sich diese Rudimente nicht mehr, so lässt sich aber nicht der gegenteilige Schluss daraus ziehen. In dem Falle, wo äussere Merkmale fehlen, lässt sich der Entwicklungsgang einer Zungenblüte nur auf ontogenetischem Wege feststellen. Die Phylogenie kann also hier nur durch die Ontogenie ermittelt werden.

Da es sich in dieser Arbeit nicht um specielle systematische Untersuchungen handelt, habe ich die Uebereinstimmung der Zungenbildung mit der systematischen Verwandtschaft der Species nicht weiter verfolgt. Aufgefallen ist mir aber das Verhalten von *Aronicum.*[1]) Während bei *Aronicum Clusii* durch Uebergangsformen festgestellt werden konnte, dass alle fünf Kronzipfel die Zunge bilden, zeigte eine ontogenetische Untersuchung von *Doronicum caucasicum* (siehe später), dass die beiden hinteren Kronzipfel überhaupt nicht mehr angelegt wurden.

Schema VII.

a. Sämtliche Blüten röhrenförmig, weiblich und männlich. (Monöcisten.)

Die Species um die es sich in diesem Schema handelt, stehen in Bezug auf die Ausbildung ihrer Corolle hinter den meisten vorherbesprochenen zurück, sie sind alle röhrenblütig; ihre Geschlechterverteilung jedoch steht auf einer viel höheren Entwicklungsstufe. Zum erstenmal liegt hier der Fall vor, dass die Zwitterblüte verschwunden oder so gut wie verschwunden ist. (Ausnahme: *Denecia capensis.*)

Die röhrenblütigen Monöcisten besitzen beinahe ausnahmslos an der Peripherie ihrer Köpfchen weibliche Blüten von der schmalröhrigen Dauerform und im Centrum männliche Blüten. In Fig. 9 ist eine männliche Blüte von *Conyza stricta* abgebildet (a). Die Blüte besitzt noch einen Fruchtknoten; er enthält aber kein Ovulum mehr. Der geteilte Griffel ist papillenlos. Wie lassen sich nun diese monöcischen Köpfchen von den rein zwittrigen ableiten?

Fig. 9a Fig. b.
Fig. 9. Conyza stricta 25 1.

Kehren wir zu einer nahen Verwandten von *Conyza stricta* zurück, nämlich zu *Conyza saxatilis.* Diese Species war gynomonöcisch und enthielt alle Uebergänge der zwittrigen Blüte zur weiblichen (pag. 11). Bei anderen Species derselben Gattung fehlen die Uebergänge; auf die Zwitterblüte folgt sofort die weibliche Dauerform. Wir haben es hier mit vollkommener Gynomonöcie zu thun. Stelle man sich nur vor, dass die Entwicklung nicht auf diesem Punkte stehen bleibt, sondern dass im äussersten Kreis der Zwitterblüten die Ovula und mehr oder weniger gleichzeitig auch die Narben zu verkümmern beginnen. Die centralstehenden Zwitterblüten bleiben von dieser Modification zuerst unberührt, nach und nach geht das Abortieren des Pistills auch auf sie über.

[1]) (Section von Doronicum).

Bevor die Köpfchen also die reine Monöcie erreichen, passieren sie ein kurzes trimonöcisches Stadium, in dem dreierlei Blüten verhanden sind, weibliche, männliche und zwittrige. Ein solcher Fall liegt bei *Conyza stricta* vor. Bei manchen Monöcisten, z. B. bei *Anaxeton arborescens,* vielleicht auch innerhalb der Gattung *Conyza,* bleiben die männlichen Blüten nicht auf dem Stadium von Fig. a stehen, sondern es schwinden auch noch die Narbenäste, der Griffel wird also vollständig zu einer Pollenbürste (Fig. 10a). Auch der unnütz gewordene Fruchtknoten kann verschwinden, oder er erhält sich in Form eines festen Stils (b). Es ist mir aufgefallen, dass weitaus bei den meisten Monöcisten das rein männliche Stadium, die Dauerform, nicht erreicht wird. Die Griffelteilung z. B. wird zähe conserviert, auch wenn ein Ovulum nicht mehr vorhanden ist. Zu bemerken ist, dass weibliche Uebergänge nirgends mehr erhalten sind, überall ist die Dauerform erreicht. Aus dieser Erscheinung lässt sich das wichtige Gesetz erkennen, dass die männliche Entwicklungswelle erst dann ansetzt, wenn die weibliche schon vollendet ist. Die rein weiblichen Blüten sind also v o r den männlichen entstanden und stellen eine phylogenetisch ä l t e r e Stufe dar. Aus dieser entwicklungsgeschichtlichen Priorität der weiblichen Blüten folgt, dass alle Monöcisten einmal die Gynomonöcie haben passieren müssen, als sie sich aus dem Hermaphroditismus zu entwickeln begannen. Den Gynomonöcisten steht also sowohl der Weg zur Gynöcie, wie im Schema V gezeigt worden ist, als auch der zur reinen Monöcie offen.

Fig. 10a Fig. b
Fig. 10. Anaxeton arborescens 25/1.

b. Männliche Röhrenblüten, weibliche Zungenblüten. (Monöcisten.)

An die erste Gruppe der Monöcisten mit weiblichen Röhrenblüten schliesst sich eine zweite mit weiblichen Zungenblüten an.

Normale Zwitterblüten konnte ich auch hier nicht feststellen *(Psiadia glutinosa?),* ebenso fehlten Uebergänge zu weiblichen Blüten, während die zu den männlichen Blüten erhalten waren. Nicht alle zu diesem Schema gehörigen Species sind auf die gleiche Weise zu ihrer Zungenform gelangt. Es gelten hier dieselben Gesetze wie bei den Zungenblüten des Schema VI. Es können alle 5 Kronzipfel an der Zungenbildung beteiligt sein *(Silphium ternatum),* oder auch nur 3, in diesem Falle wird ein Lippenstadium durchlaufen, wie ich es bei *Melampodium divaricatum* und *Psiadia glutinosa* ermitteln konnte. Ist die Zunge ein einheitliches Gebilde, und sind auch keine Oberlippenrudimente vorhanden, so lässt sich auch hier nichts über den Entwicklungsgang der Zungenblüte aussagen. Da dies für alle zum Schema angeführten Species (mit Ausnahme der obengenannten) zutrifft, sind ihre Uebergänge der Kürze wegen in einen einzigen Kreis zusammengefasst worden

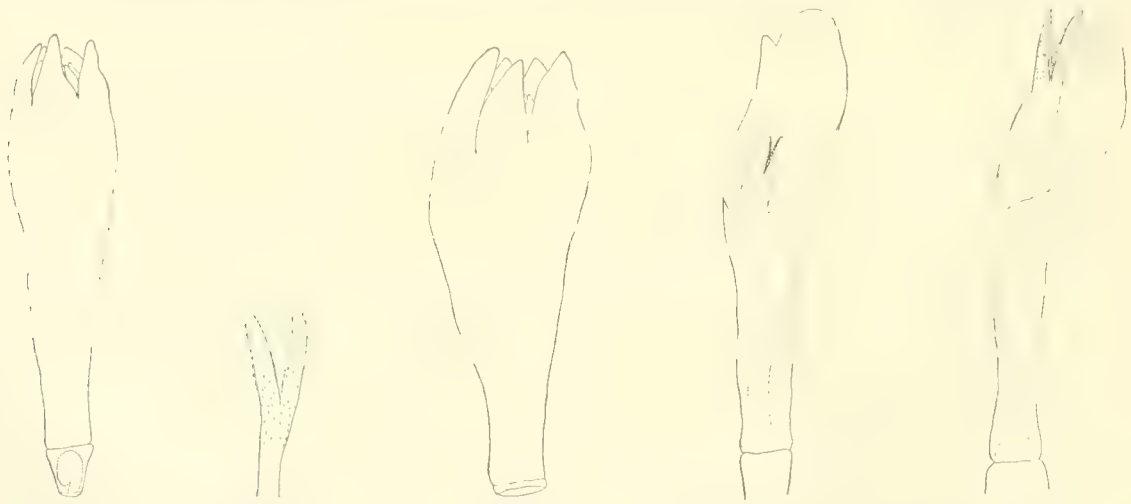
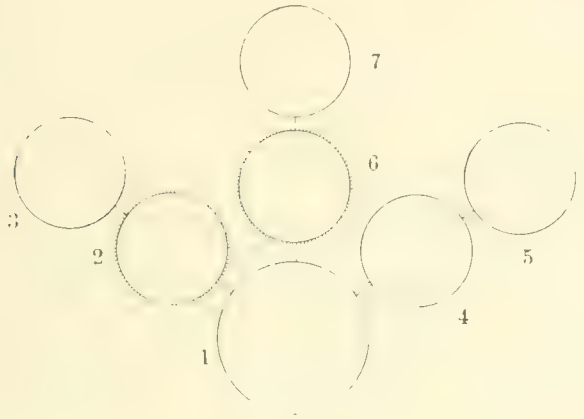


Fig. 11a Fig. a1 Fig. b Fig. c Fig. d
Fig. 11. Psiadia glutinosa 25/1.

Psiadia glutinosa besitzt im Centrum der Blütenscheibe fast vollständige Zwitterblüten (Fig. 11 a). Ihre Ovula sind normal, der geteilte Griffel trägt auch Papillen (a), doch scheinen sie rudimentär zu sein. Ueber den Zustand der Papillen lässt sich übrigens am Herbarmaterial nichts Positives sagen. Am Rande des Köpfchens stehen Blüten, deren Fruchtknoten ganz abortiert sind, es sind männliche Blüten (b). Von den beiden weiblichen Zungenblüten lässt die eine (c) noch rudimentäre hintere Kronzipfel erkennen.

Auch hier wieder lässt sich die Beobachtung machen, dass die weiblichen Blüten schon weitgehend differenziert sind, während die männlichen erst in der Bildung begriffen sind. Bei einer Species: *Guardalia atriplicifolia* fand ich überhaupt noch keine rein monöcischen Köpfchen.

Schema VII A. Entwicklung der Einzelblüten.



7 ♀ *Z* Blüte.
Zunge 3—1zähnig. Drüse oft rudim.
Griffel nur m. Papil. od. rud. Fegeh.

3. ♀ *R* **Blüte.**
Dauerform od. Formen mannigfaltig. Drüse oft rud. Griffel meist nur m. Papillen.

6. Uebergang von ♀ — ♀ *Z* b)
?

5. ♂ Blüte.
Ovulum fehlt.
Griffel ungeteilt.
Keine Papillen, sonst wie unten.

2. Uebergang von ♀ *R* — ♀ *R*
Analog den Gynomonöcisten.

4 Uebergang von ♀ *R* — ♂ *R*
Kronz. 5. Anth. 5. Drüse. Ovul. rud. oder fehlend.
Griffel get.—unget.

1, Zwitterblütig (röhrenförmig)
Kronz. 5. Anth. 5. Ovulum. Drüse
Griffel get. mit Papillen u. Fegeh.

B. Entwicklung der Blütenköpfchen.
Röhrenblütige Monöcisten.

B. Entwicklung der Blütenköpfchen.
Röhren- und zungenblütige Monöcisten.

♀ *R* = röhrenf. Zwitterblt.
♀ *R* = » weibl. Blt.
♀ *Z* = zungenf. » »

Tubuliflorae — Astereae.
Astereae — Conyzinae

Conyza rufa	♀ *R*
„ *Stendelii*	(Randblt.)
Conyza verbascifolia	♀ *R*
„ *stricta*	(Randblt.)
Psiadia glutinosa	♀ *Z*
„ *penninervia*	

Tubuliflorae — Inuleae.
Inuleae — Plucheinae.
Sphaeranthus indicus ♀ *R*
„ *mollis* ♀ *R*
Pterocaulon pycnostachyum ♀ *R*
Denecia capensis ♀ mannigf.
Inuleae — Gnaphalinae
Anaxeton arborescens ♀ *R*
Chionolaena arbuscula ♀ *R*
Phaenocoma prolifera ♀ *R*
Tubuliflorae — Heliantheae
Hel. — Millesinae
Desmanthodium lanceolatum ♀ *R*
Clibadium Auram ♀ *R*
„ *arboreum* ♀ *R*
Helianth. — Melampodinae
Melampodium divaricatum ♀ *Z*
Melampodium longipilum ♀ *Z*
Silphium ternatum ♀ *Z*
Helianth. — Ambrosinae
Iva frutescens ♀ *R*
Tubuliflorae — Senecieneae
Senec. — Othonninae
Othonna perfoliata ♀ *R*
Tubuliflorae — Calenduleae
Osteospermum spinosum ♀ *R*
Osteospermum moniliferum ♀ *Z*
„ *sonchifolium* ♀ *Z*
Calendula officinalis ♀ *Z*
„ „ *var. alpestris* ♀ *Z*
Guardiola atriplicifolia ♀ *Z*
„ *mexicana* ♀ *Z*
Baltimora recta ♀ *Z*

c. Zwittrige oder männliche Röhrenblüten, weibliche Blüten mannigfaltig.

Im Anschluss an die beiden vorhin behandelten monöcischen Gruppen sei hier noch eine eigentümliche Species, *Denecia capensis* erwähnt, die sich durch eine erstaunliche Menge verschiedener weiblicher Blütenformen auszeichnet.

Denecia ist sowohl monöcisch als gynomonöcisch. Die Urform (Fig. 12 a) und die Uebergänge zu den männlichen Blüten sind erhalten, während diejenigen zu den weiblichen Blüten fehlen.

Fig. 12a Fig. b Fig. c Fig. d Fig. e Fig. f Fig. g

Fig. 12. Denecia capensis 10/1.

Die Randblüten weichen von den gewöhnlichen Dauerformen durch die seltsamen Formationen ihrer Kronzipfel ab. Einige sind beinahe lippig, andere scheinen sich der Zungenform zu nähern (d, e, f, g), sie sind in der Mehrheit. Die Kronzipfel sind ungleich gross, werden jedoch von Hoffmann (pag. 177) als gleich gross angegeben. Die Ungleichheit ist insofern natürlich, als sie durch die Verwachsung von je 2 und 3 Kronzipfeln bedingt wird. Was die männliche Reihe betrifft, so besitzen die Uebergangsformen (b) noch einen wenn auch leeren Fruchtknoten und der schwach geteilte Griffel trägt rudimentäre (?) Papillen. Die rein männlichen Blüten (c) besitzen überhaupt keinen Fruchtknoten und ihr Griffel ist fast ungeteilt.

Die hier behandelten 27 monöcischen Species verteilen sich auf 6 Tribus (von 8 Tribus der Tubulifl.). Die Untergruppe der *Conyzineen* enthält auch gynomonöcische Species (Schema IV). *Denecia capensis* weicht von Hoffmanns Angaben ab, da ich sowohl gynomonöcische als monöcische Species fand, während Hoffmann die Scheibenblüten als unfruchtbare Zwitter bezeichnet.

Schema VIII.

Röhrenblütige Diöcisten.

Es handelt sich in diesem Schema wiederum um Tubulifloren und zwar um die von den Monöcisten im weiteren und engeren Sinn her bekannten Formen der zwittrigen und eingeschlechtlichen Blüten mit ihren Uebergängen. Ich übergehe daher eine Schilderung der Entwicklung der Einzelblüten. Die Figuren von a bis d in Figur 13 lassen den Entwicklungsgang der schmal-

Fig. 13a Fig. b Fig. c Fig. d Fig. e Fig. f Fig. g

Fig. 13. Antennaria dioica 10/1.

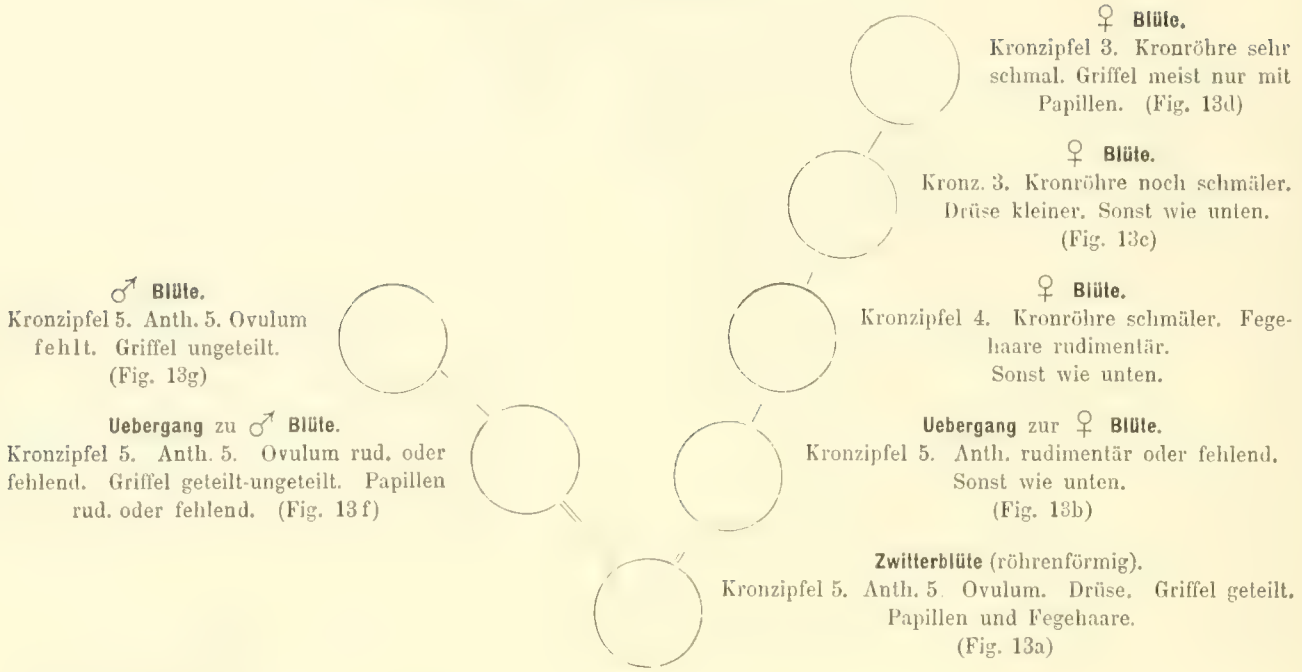
röhrigen Dauerform aus der Zwitterblüte deutlich verfolgen; wir haben ihn übrigens schon bei den Gynomonöcisten (pag. 11) kennen gelernt. Die Figuren e und d sind beide Dauerformen, sie unterscheiden sich nur durch die Zahl der Kronzipfel. Mit der Verschmälerung der Corolle läuft nämlich nicht immer auch eine Reduction in der Zahl der Kronzipfel parallel.

Auch die Entwicklung der männlichen Blüten ist bekannt, sie ist dieselbe wie bei den Monöcisten. Figur f, Uebergangsform, besitzt noch ein Ovulum, der Griffel ist aber ungeteilt. Dagegen ist g rein männlich; denn auch das Ovulum ist verschwunden.

Die Abweichung der zu diesem Schema gehörigen Species von denjenigen der vorhin besprochenen Monöcisten, bezieht sich nur auf die Entwicklung der Blütenköpfchen. Während dort die männlichen und weiblichen Blüten in dem gleichen Köpfchen, resp. auf dem gleichen Stocke entstanden (Monöcie), entwickeln sich in diesem Falle die beiden Geschlechter auf getrennten Stöcken (Diöcie). Ein Blick auf Schema B orientiert über die Phylogenie der Köpfchen. An *Antennaria dioica*, die ich hier der Vollständigkeit ihrer Formen wegen als Beispiel wählte, lassen sich ausser den rein hermaphroditen Köpfchen alle Uebergangsstadien in vollkommener Weise beobachten. Die erste Entwicklung von *Antennaria dioica* entspricht derjenigen der Gynomonöcisten. Die peripherischen Blüten von Stadium 2 zeigen eine Reduction oder ein Fehlen der Antheren, die centralen Blüten dagegen sind hermaphrodit. Auf einem weiteren Stadium (3) sind die äusseren Blüten schmalröhrig geworden; die Reduction des männlichen Geschlechts schreitet acropetal vorwärts, hat aber die centralsten Zwitterblüten intakt gelassen. Stadium 4 stellt ein Köpfchen mit lauter weiblichen Dauerformen dar. Die Drüsen sind bei diesen Blüten besser als z. B. bei den Randblüten der Monöcisten erhalten; denn es sind hier keine anderen honigproducierenden Blüten vorhanden, und die weiblichen Blüten haben allein für die Anlockung der Insecten Sorge zu tragen.

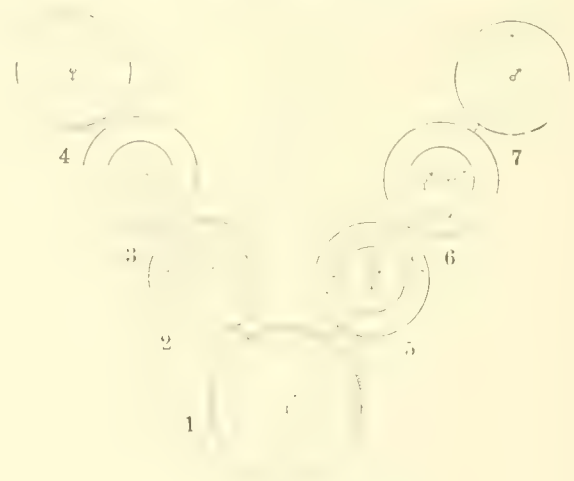
Zu bemerken ist, dass alle Uebergangsformen fructificieren. Analog der weiblichen Reihe entwickelt sich auch die männliche. Bei den rein zwittrigen Köpfchen beginnen die Ovula der

Schema VIII A. Entwicklung der Einzelblüten



Tubuliflorae — Inuleae
Inuleae — Gnaphalinae
Antennaria dioica
Tubuliflorae — Astereae
Astereae — Baccharidinae
Baccharis umbelliformis
„ *magellanica*
„ *ferruginea*
Tubuliflorae — Inuleae
Inuleae — Tarchonanthinae
Brachylaena discolor
„ *elliptica*
Tarchonanthus camphoratus
Inuleae — Gnaphalinae
Antennaria dioica
„ *japonica*
„ *magellanica*
„ *monocephala*
„ *racemosa*
„ *luzuloides*
„ *dioica Var. congesta*
„ *Steetziana*
„ *alpina (nur ♀)*
Gnaphalium plantagineum
„ *cinnamomeum*
„ *contortum*

Schema VIII B. Entwicklung der Blütenköpfchen.
(Lauter Röhrenblüten).



Trichogyne decumbens
Tafalla stenophylla
Oligandra lycopodioides
Petalacte coronata
Tubuliflorae — Heliantheae
Heliantheae — Petrobinae
Petrobium arboreum

randständigen Blüten rudimentär zu werden oder zu verschwinden; auch die Narbenäste verkümmern. Stadium 5 ist ein Uebergang zur Andromonöcie, die in Stadium 6 erreicht wird. Die peripherischen Blüten sind hier rein männlich. Geht die Reduction des weiblichen Geschlechtes acropetal auf sämtliche Blüten des Köpfchens über, so wird es rein männlich (7). Im Allgemeinen findet keine Correlation beim Abortieren der Ovula und Narbenäste statt. Die männlichen Blüten besitzen bisweilen kaum noch einen Fruchtknoten, während der Griffel noch geteilt ist und umgekehrt. Auch hier wieder beobachtete ich dieselbe Erscheinung, wie bei den Monöcisten, dass das rein männliche Stadium selten erreicht wird. Während die weiblichen Individuen aus lauter Dauerformen bestehen, ist die männliche Reihe über Andromonöcie meist nicht hinausgekommen.

Ausserdem habe ich die gynomonöcischen Uebergänge nur bei *Antennaria dioica* konstatieren können, bei allen ihr verwandten Arten waren sie nicht mehr zu finden. Die weiblichen Charactere werden also zäher festgehalten, als die männlichen. Diese Tatsache lässt sich in allen Entwicklungsreihen von neuem beobachten und ist ein ganz allgemeines Gesetz.

Bei den sogenannten Diöcisten sind also statt rein männlicher Individuen nur andromonöcische oder beide gleichzeitig vorhanden, während in der weiblichen Reihe nur die rein gynöcische Form existiert. Für diese Art der Geschlechterverteilung hat die Terminologie keinen Ausdruck.

Die 22 Species, die ich zu diesem Schema gezählt habe, gehören 3 Subtribus an. In der ersten zeigten sich keine Abweichungen, die zweite ist schon im Schema V besprochen worden.

Zwei ihrer Spezies: *Tarchonanthus camphoratus* und *Brachylaena discolor* waren nicht rein diöcisch, wie sie von Hoffmann (I, pag. 186) angegeben werden, sondern unvollständig diöcisch (Andromonöcie und Gynöcie). Unter den *Gnaphalieen* zeigten ein abweichendes Verhalten: *Antennaria dioica*, die nach Kunth (III), Hoffmann und Hildebrand (I) zweihäusig, nach Gremli zwittrig und weiblich sein soll. Die von mir untersuchten Exemplare (sie stammten aus der Umgebung Winterthurs, Canton Zürich) waren sowohl gynöcisch und andröcisch als auch gynomonöcisch und andromonöcisch. Ferner ist *Petalacte coronata* nach Hoffmann gynomonöcisch; ich fand diese Spezies jedoch gynöcisch und andröcisch.

Schema IX.

Leontopodium alpinum.

Die Entwickelung der weiblichen und männlichen Blüten geht bei *Leontopodium alpinum* ganz in derselben Weise wie bei *Antennaria* und den übrigen Röhrenblütlern vor sich. Von der Zwitterblüte a, Fig 14, führen 4 Uebergänge (b, c, d, e) zur weiblichen Dauerform f. Einen Uebergang zur männlichen Reihe stellt k dar, die rein männliche Blüte l besitzt einen ungeteilten Griffel und einen leeren Fruchtknoten. Wie bei *Antennaria dioica* fructificieren auch bei *Leontopodium* die Zwitterblüten und ihre Uebergänge zu weiblichen Blüten.

Leontopodium alpinum zeichnet sich vor den übrigen Gnaphalieen durch besondere Blütenformen — geschlechtslose Honigblüten — aus. Auch von ihnen existiert eine vollständige Entwicklungsreihe. Form g unterscheidet sich von der Zwitterblüte durch die rudimentäre Anthere, die noch Pollen produciert, dessen Funktionsfähigkeit aber fraglich ist. Auch der Griffel ist nur schwach geteilt und trägt nur wenige verkümmerte Papillen. Das Ovulum ist erhalten.

Ein Schritt weiter führt zu einer Blüte h, bei der auch die letzten Antheren geschwunden sind. Die Kronzipfelzahl beträgt 5, doch ist die Kronröhre etwas enger, als bei den vorhergehenden Formen. Die Drüse ist stark entwickelt und der Griffel endigt fast stumpf. Ganz ähnlich ist die folgende Blüte i; ihre Kronröhre ist aber nur 3teilig. Trotz der starken Verkümmerung der Sexualorgane erhält sich das Ovulum noch zähe. Eine Form mit verschmälerter rudimentärer Kronröhre, wie man sie am Ende der weiblichen Reihe findet, fehlt hier und zwar aus begreiflichem Grunde. Da es sich um Honigblüten handelt, wäre es für die Hummeln, die das Edelweiss besuchen kommen, sehr

ungünstig, wenn der Zugang zum Honig durch eine äusserst schmale Kronröhre, wie sie sich bei den weiblichen Dauerformen findet, erschwert würde. Auch bei diesen Blüten konnte ich eine

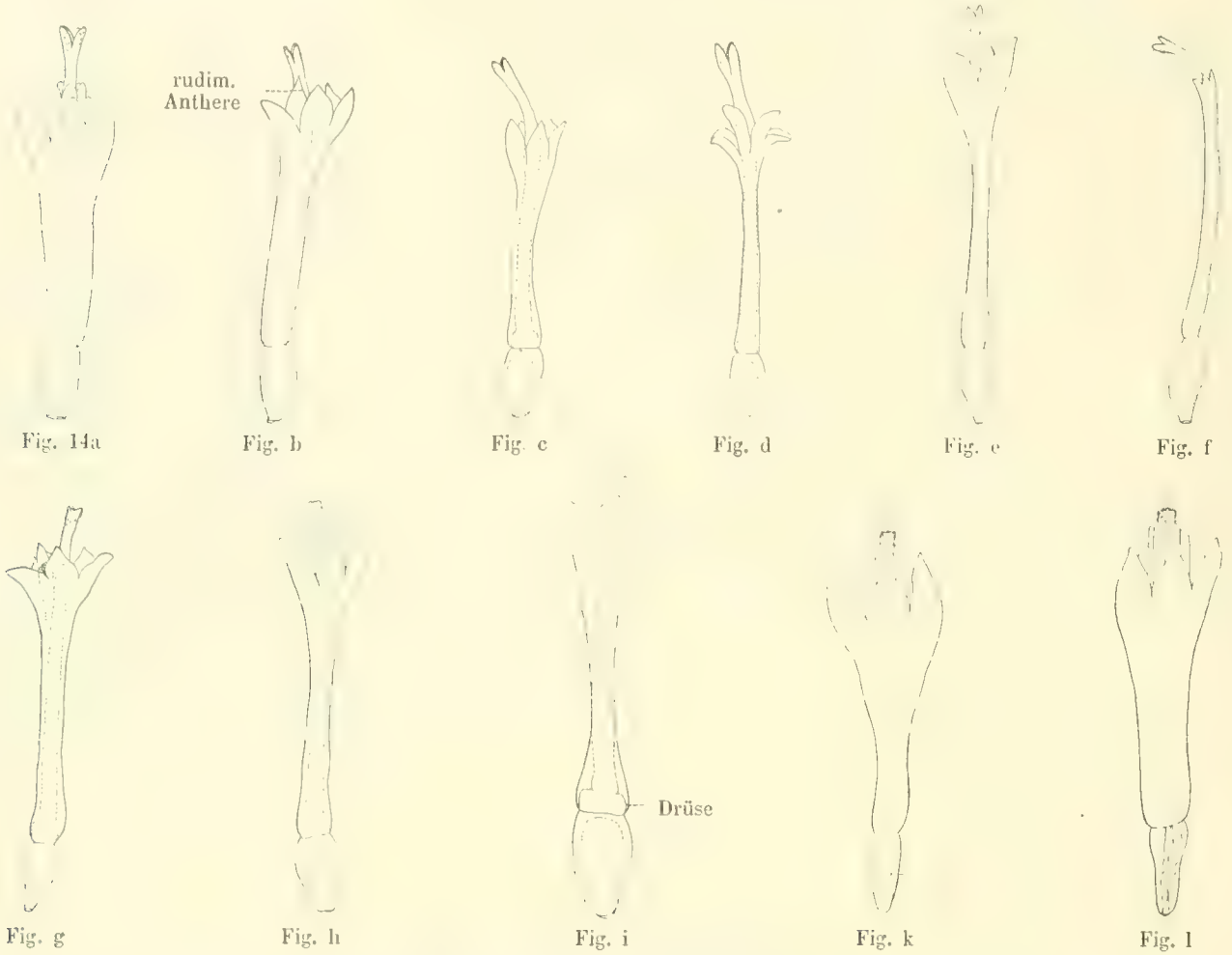


Fig. 14a Fig. b Fig. c Fig. d Fig. e Fig. f

Fig. g Fig. h Fig. i Fig. k Fig. l

Fig. 14. Leontopodium alpinum 10/1.
a = Zwitterblüte; b – e = Uebergänge zur ♀ Blüte; f = Dauerform der ♀ Blüte; g und h = Uebergänge zur Honigblüte; i = Dauerform der Honigblüte; k = Uebergang zur ♂ Blüte; l = ♂ Blüte.

Correlation im Rückgange der Organe nicht konstatieren. Ich könnte z. B. noch eine Parallelreihe neutraler Blüten aufstellen, die sich von der eben geschilderten nur durch die noch besser erhaltene Griffelform unterscheidet. Die Reduktion bezieht sich also in dem einen Falle auf die Kronröhre, während der Griffel noch Teilung und Papillen zeigt, in dem anderen Falle tritt starkes Rudimentärwerden des Griffels ein, während die Kronröhre noch unverändert ist.

Auch in der Reduktion der Antheren lässt sich eine Correlation mit derjenigen des Griffels und der Kronröhre nicht beobachten. Es kommen Antheren noch bei Blüten vor, deren Kronzipfelzahl zwischen 5 und 3 schwankt und deren Griffel bald mehr bald weniger rudimentär ist. Aus dem Fehlen der Correlation in der Reduktion der Organe folgt, dass man für die Entwicklung der neutralen Blüten mehrere Parallelreihen aufstellen kann. Dasselbe gilt auch für die weibliche Reihe. Die grosse Mannigfaltigkeit in den Blütenformen, die doch zuletzt auf dasselbe Ziel tendieren, erschweren eine übersichtliche Darstellung des Entwicklungsganges.

Dass beim Edelweiss auch Honigblüten vorkommen, ist schon von Schröter (II) konstatiert worden. Nach ihm sollen die Honigblüten den männlichen ähnlich sehen, aber keine vollständigen Sexualorgane besitzen.

Schema IX A. Entwicklung der Einzelblüten von *Leontopodium alpinum*.

9. ♀ *R* **Blüte.** (Dauerform).
Kronz. 3 Kronröhre schmal.
Drüse rudim. od. fehlend.
Fegeh. rud. (Fig. 14f) 9

8. ♀ *R* **Blüte.**
Kronz. 3. Kronröhre schmäler, Sonst wie unten. (Fig. 14e)

8

7. ♀ *R* **Blüte.**
Kronzipfel 4. Kronröhre verschmälert. Sonst wie unten.
(Fig. 14d)

7

5. o*H* **Blüte.**
Kronz. 3. Drüse stark entwickelt.
Sonst wie unten. 5
(Fig. 14 i)

4. o*H* **Blüte.**
Kronzipfel 4. Anth. fehlen. 4
Sonst wie unten.

6. ♀ *R* **Blüte.**
Kronz. 5. Anth. meist fehlend. Drüse Ovulum. Fegehaare rudim.
(Fig. 14c)

6

3. o*H* **Blüte.**
Kronzipfel 5. Anth. 1—2 oder fehlend. Griffel wenig bis ungeteilt. Nur Fegehaare. 3
(Fig. 14g u. h)

o*H* = neutrale Honigblüte.

2. **Uebergang** zu ♀ oder o*H*.
Kronz. 5. Anth. weniger als 5.
Sonst wie unten. (Fig. 14b)

2

1. **Zwitterblüte** (röhrenförmig).
Kronzipfel 5 Anth. 5. Ovulum. Drüse. Griffel tief geteilt mit Papillen und Fegehaaren. 1
(Fig. 14a)

10

10. **Uebergang** zur ♀ **Blüte.**
Kronz. 5. Anth. 5. Ovul. rudim. oder fehlend. Griffel geteilt-ungeteilt.
(Fig. 14k)

11

11. ♀ **Blüte.**
Kronz. 5. Anth. 5. Ovul. fehlt. Griffel unget. Nur Fegehaare.
(Fig. 14l)

Schema IX B. Entwicklung der Blütenköpfchen von *Leontopodium alpinum*.

1) Hermaprodit. (hypothetisch)
5) Gynöcie (primär)
6) Gynomonöcie
8) Monöcie
9) Subdiöcie
10) Subdiöcie
11) Andröcie (secundär)
12) Gynöcie (secundär)
15) Agamo-gynöcie
18) Andröcie (primär)

♂—♀ = Uebergang der Zwitterblüte in eine weibl. Blüte.

♀ *U* = weibl. Uebergangsform, d. h. ♀ aber m. weiter Kronröhre.

o*H* = neutrale Honigblüte.

Die Entwicklung der Blütenköpfchen ist bei *Leontopodium* weit mannigfaltiger, als bei *Antennaria dioica*. Rein zwittrige Blütenköpfchen sind auch hier nur hypothetisch. Mit der Betrachtung von Stadium 2 (Seite 29) wenden wir uns der weiblichen Linie zu. Die Randblüten der Zwitterköpfchen beginnen hier durch den Rückgang der Antheren weiblich zu werden. Central finden sich noch wohl erhaltene Zwitterblüten. Stadium 3 repräsentiert Köpfchen, deren Randblüten schon weiblich sind, deren Kronröhre aber noch weit, meist 4—5spaltig ist. Die centralen Blüten enthalten noch Antherenrudimente. Rein weiblich ist Stadium 4, die Blüten sind aber noch weitröhrig. Erst das nächste Stadium zeigt lauter Dauerformen (5). Die Entwicklung der männlichen Reihe entspricht ganz derjenigen von *Antennaria*. (Stadium 16, 17 und 18).

Kehren wir zu Stadium 2 zurück, so sehen wir, dass von ihm noch eine zweite Entwicklungsreihe ihren Ursprung nimmt, nämlich die monöcische. Bei Stadium 6 sind die Randblüten rein weiblich geworden, während die centralen den zwittrigen Typus konserviert haben. Diese Randblüten sind nicht immer Dauerformen, ihre Kronen sind oft auch weitröhrig. Um das Schema nicht zu komplicieren, sind alle gynomonöcischen Formen in einen und denselben Kreis zusammengefasst. Stadium 7 zeigt, wie die Gynomonöcie in die reine Monöcie übergeht. Die Randblüten bleiben unverändert, während bei den sie begrenzenden Zwitterblüten die Ovula oder die Papillen rudimentär werden. Diese Köpfchen enthalten also dreierlei Blüten und sind trimonöcisch; dieses Stadium ist aber nicht von Dauer, sondern geht in die reine Monöcie (8) über. Die centralen Blüten sind hier rein männlich geworden. Aus der Monöcie kann eine Art der Geschlechtsverteilung hervorgehen, welche von den Systematikern als „Subdiöcie“ bezeichnet wird. Sowohl von Franchet als von mir sind unter dem asiatischen Edelweiss Exemplare gefunden worden, deren männliche Inflorescenzen hie und da weibliche Randblüten zeigen, und deren weibliche in analoger Weise central vereinzelte männliche Blüten konserviert hatten. Es handelt sich hier so zu sagen um eine Verdrängung der Geschlechter. In welcher Weise die Verdrängung stattfinden kann, könnten eingehende z. B. numerische Untersuchungen vielleicht klarlegen. Es müsste beobachtet werden, ob die Verdrängung einfach durch Ausfall des einen oder anderen Geschlechtes oder durch gegenseitigen Ersatz stattfindet. Der Ausdruck „Subdiöcie“ ist phylogenetisch nicht ganz zutreffend; denn der Zustand, wo ein Ueberwiegen des einen oder anderen Geschlechts stattfindet, ist ein Zustand der Monöcie, aus der er resultiert, und nicht der Diöcie. Es ist klar, dass bei absoluter Verdrängung der Geschlechter über das Stadium der Subdiöcie (9, 10) hinweg die reine Diöcie erreicht wird. Diese letztere Form der Diöcie nenne ich „secundär“, im Gegensatz zur primären, die, wie vorhin geschildert, auf direktem Wege erreicht wird. [Freilich muss auch hier die Gynomonöcie einerseits, die Andromonöcie anderseits passiert werden].

Es existiert noch eine weitere Entwicklungsreihe der Köpfchen, die Reihe mit den Honigblüten. In Stadium 13 verweiblichen die Randblüten, während die centralsten Blüten zwittrig bleiben. Es kommen hier aber noch Uebergänge der Zwitter- in Honigblüten vor (Fig. 14 g). Die Randblüten in Stadium 14 sind rein weiblich, weitröhrig. Central finden sich vielerlei Blüten: Reine Honigblüten, weibliche Blüten und Zwitterblüten mit ihren Uebergängen. Im Stadium 15 sind centrale Honigblüten und weitröhrige weibliche Blüten, am Rande weibliche Dauerformen enthalten, das Köpfchen ist agamogynöcisch. Die Parallelform der Agamandröcie fehlt.

In Bezug auf die Honigdrüsen gilt ganz allgemein, dass die centralen Blüten eines Köpfchens, seien sie zwittrig, weiblich oder männlich, stets die Drüse konservieren, während bei den weiblichen Randblüten von der schmalen Form die Drüsen rudimentär werden oder verschwinden. Bei den gynöcischen Köpfchen, auch bei denen mit lauter Dauerformen, sind die Honigdrüsen erhalten, wenn sie auch nicht die Dimension derjenigen der Zwitterblüten besitzen.

Bei *Leontopodium alpinum* Cass. zeigen sich innerhalb desselben Köpfchens also folgende Arten der Geschlechterverteilung:

1) Gynomonöcie 2) Andromonöcie 3) Monöcie 4) Subdiöcie 5) primäre Gynöcie
6) primäre Andröcie 7) secundäre Gynöcie 8) secundäre Andröcie 9) Agamogynöcie.

Bei sämtlichen Köpfchen ein und desselben Individuums fand ich immer die gleiche Geschlechterverteilung. Ausnahme bildete ein einziges Edelweissexemplar (Himalaya), dessen centralstes Köpfchen in der Mitte einige Zwitterblüten enthielt, während alle übrigen Blüten desselben und der benachbarten Köpfchen rein weiblich waren. Nach Franchet sollen in seltenen Fällen bei sonst eingeschlechtlichen Infloreszenzen von Exemplaren aus dem Himalaya, einzelne Köpfchen schwach heterogam sein. Es handelt sich hier also um secundär diöcische Individuen.

Beziehungen zwischen geographischer Verbreitung und Geschlechterverteilung bei Leontopodium alpinum.

Es erscheint als auffallende Thatsache, dass die Geschlechterverteilung bei *Leontopodium alpinum* eine localisierte ist, d. h. einem bestimmten Verbreitungsbezirke gehören auch Exemplare mit einer bestimmten Geschlechterverteilung an. Ferner zeigten sich Unterschiede in den Modi der Geschlechterverteilung bei den alpinen und den kultivierten Formen Europas.

Edelweissexemplare aus 67 verschiedenen Gegenden der Alpen und des Jura zeigten ausnahmslos monöcische Geschlechtsverhältnisse. Die meisten Exemplare waren von der „streng" monöcischen Form, bei einigen jedoch fand ich auch Uebergänge zu männlichen Blüten, aber keine zu weiblichen. Der grösste Teil des untersuchten Materials stammte aus den Schweizeralpen, es gelangten aber auch Exemplare aus dem Jura, den Tyroleralpen, den Karpathen, ferner aus den Abruzzen etc. zur Untersuchung. Im Gegensatz hierzu lieferte das Versuchsfeld der Samenkontrollstation in Zürich. *) also die Ebene. 460 m. ü. M., ausser einigen monöcischen Exemplaren, alle die übrigen auf dem Schema angegebenen Formen der Geschlechterverteilung. Auch aus dem Garten von Herrn Fröbel (Zürich) stammten Exemplare von *Leontopodium alpinum* und von einer Varietät: *Leontop. alp. Var. Himalayense,* die rein weiblich waren. Als sich auch sibirisches Edelweiss, sowohl auf nassen, als auf trockenen Steppwiesen gewachsen, als rein diöcisch erwies, glaubte ich anfangs, dass die alpinen Formen und die der Ebene eine streng gesonderte Geschlechterverteilung besässen. Später fand ich aber Edelweissexemplare vom Himalaya und andere, welche in Turkestan in einer Höhe von 2727 m. ü. M. gewachsen waren und sich ebenfalls als diöcisch erwiesen. Im ganzen zeigten Stöcke aus 32 verschiedenen Orten, entweder aus der Ebene Europas oder aus der Ebene und dem Gebirge Asiens stammend, gyno- und andromonöcische, gynöcische, andröcische und in einigen Fällen auch monöcische Formen. In Asien sind nicht nur die Varietäten von *Leontop. alp.,* wie *Var. sibirica* oder *Var. Himalayana,* sondern auch das gewöhnliche Edelweiss der Alpen *Leontop. alp.* diöcisch. Umgekehrt sind auch Varietäten von *Leontop. alp.* z. B. *Leontop. niveum* in den Abruzzen rein monöcisch. Um noch einmal zu rekapitulieren: Sämtliche alpinen Exemplare Europas sind rein monöcisch. Alle in der Ebene Europas und in der Ebene und dem Gebirge Asiens wachsenden Exemplare dagegen zeigen übereinstimmend alle übrigen vorkommenden Modi der Geschlechterverteilung. Wie erklärt sich dieser Zusammenhang? Jeder Versuch beim jetzigen Stand unserer Kenntnisse diese Frage zu lösen, wäre vergeblich. Es müsste zuerst klargelegt werden, welche Faktoren überhaupt das Geschlecht der Pflanzen beeinflussen und wenn diese äusserst schwierige Frage einmal gelöst ist, dann könnte man an den Versuch gehen, die Verhältnisse der Ebene mit denen der alpinen Region Europas und Asiens zu vergleichen. In welcher Weise man Untersuchungen über diese Frage anstellen könnte, davon wird im allgemeinen Teil der Arbeit noch die Rede sein.

Franchet ist der einzige Botaniker gewesen, der das wechselnde Geschlechtsverhältnis von *Leontopodium* beobachtet hat. Die Uebereinstimmung unserer Resultate ist um so befriedigender, als meine Untersuchungen schon abgeschlossen waren, als mir Franchets Arbeit: „Observations sur le groupe des Leontopodium" bekannt wurde. Nach Franchet sind die Individuen europäischen Ursprungs konstant heterogam, die asiatischen dagegen bald heterogam, bald diöcisch. Er beobachtete

*) Ich spreche hier dem Leiter derselben, Herrn Dr. Stebler, meinen besten Dank aus für die Erlaubnis, das Versuchsfeld benützen zu dürfen.

bei *Leontopodium:* Monöcie, Diöcie und Uebergänge zwischen beiden, also Subdiöcie, die übrigen Formen der Geschlechterverteilung sind ihm entgangen. Wenn Franchet (pag. 127) sagt: „Iusqu'ici on n'a pas cité d'exception à l'héterogamie de la plante européenne", so ist ihm offenbar die Uebereinstimmung der Geschlechtsverhältnisse bei den in der Ebene Europas und den in der Ebene und im Gebirge Asiens gewachsenen Individuen unbekannt.

Sehr richtig ist Franchets Bemerkung, dass die Geschlechtsverhältnisse keinen systematischen Wert für *Leontopodium* besitzen können, da sie wechselnd sind. Nach ihm sollte auch *Anaphalis* und *Antennaria* nicht von *Gnaphalium* getrennt werden. Vor allem scheint mir von Interesse, die verschiedenen von den Systematikern angegebenen Species von *Leontopodium* darauf hin zu prüfen, ob sie wirklich den Namen „Species" verdienen, denn es erscheint mir wahrscheinlich, dass es nur Standortsmodificationen sind. Bei *Leontop. alp.* ist es auffällig, wie je nach dem Standort, die Höhe der Pflanze, die Beschaffenheit der Hüllblätter, der ganze Habitus wechselt. Auch Franchet findet, dass die rosettenartigen Blätter für *Leontopodium* nicht characteristisch sind; nach ihm ist daher *Leontop. sibiricum* Cass. keine besondere Species: „Ce n'est qu'un *Leontopodium alpinum* à inflorescence appauvrie et dépourrie". Franchets Ansicht, dass Asien als die Heimat des Edelweiss anzusehen sei, weil es dort in mehreren Geschlechtszuständen, in Europa dagegen nur in einem vorkomme, ist nicht recht einleuchtend. Es wäre ja möglich, dass in Asien die neuen Bedingungen der Umgebung auf die Geschlechtsverhältnisse der Individuen modificierend eingewirkt hätten. Der Umstand, dass in der That auch in Europa *Leontop. alp.* seinen alpinen monöcischen Charakter verliert, wenn es einen anderen ebenen Standort erhält, lässt Franchet's Behauptung noch hypothetischer erscheinen. Es ist jedoch aus anderen pflanzengeographischen Gründen sehr wahrscheinlich, dass Asien die Heimat des Edelweiss ist.

Hoffmann (I, pag. 186) giebt von *Leontopodium* an, dass die Köpfchen durch Ueberwiegen des einen oder anderen Geschlechtes zweigestaltig und zum Teil eingeschlechtlich sind. Diese Charakterisierung sagt nicht viel, weil man sie verschieden deuten könnte. Es scheint, dass eine Neigung zu secundärer Diöcie gemeint ist. Ganz eigentümlicher Art, abweichend von allen bis jetzt bekannten Beobachtungen über *Leontopodium* sind die Angaben Kerners (Bd. II, pag. 271). Er sagt: „Von dem Edelweiss findet man nämlich dreierlei Formen. An der einen enthält das mittlere Köpfchen des ganzen Blütenstandes nur scheinzwittrige Pollenblüten, während die um dasselbe herumstehenden Köpfchen aus reinen Fruchtblüten zusammengesetzt sind; an der zweiten Form ist das mittelständige Köpfchen gleichfalls ganz und gar aus scheinzwittrigen Pollenblüten gebildet, aber in den Köpfchen des Umkreises sind die scheinzwittrigen Pollenblüten von reinen Fruchtblüten umgeben, und an der dritten Form enthalten sämtliche Köpfchen scheinzwittrige Pollenblüten, welche von reinen Fruchtblüten eingefasst sind." Kerners dritte Form der Geschlechterverteilung entspricht derjenigen unseres gewöhnlichen Alpenedelweiss. Den beiden ersten Formen dagegen bin ich nie begegnet, obgleich ich hunderte von Exemplaren aus 98 verschiedenen Gegenden untersucht habe. Wie schon angeführt (pag. 88) fand ich stets bei allen Köpfchen desselben Individuums, die gleiche Geschlechterverteilung.

Schema X.

Anaphalis.

Die Gattung *Anaphalis* weicht in Bezug auf die Entwicklung der Einzelblüten wenig von den übrigen *Gnaphalieen* ab. Die Urform a in Figur 15 ist wohl erhalten. Von ihr leiten sich

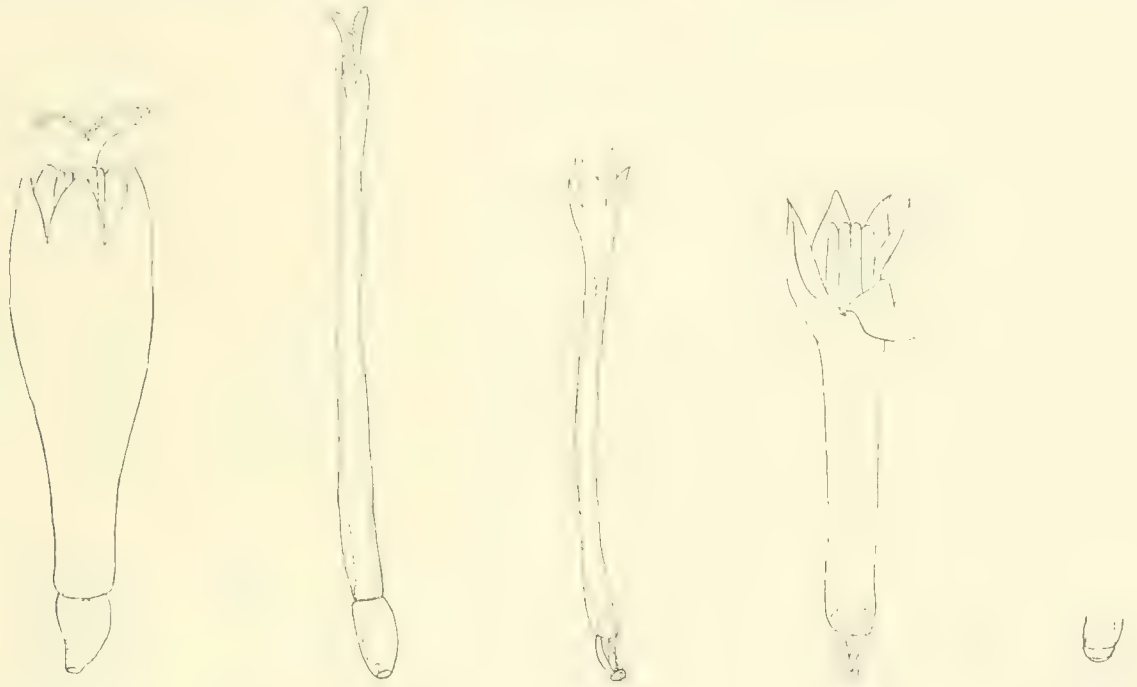


Fig. 15a Fig. b Fig. c Fig. d Fig. e

Fig. 15. Anaphalis margaritacea 15/1.

wiederum 2 Entwicklungsreihen, eine weibliche und eine männliche, ab. Die Uebergänge zur weiblichen Blüte fehlen, auf die Zwitterblüte folgt direkt die weibliche Dauerform b. Nach Analogie mit den übrigen *Gnaphalicen* lässt sich wohl annehmen, dass auch die Uebergänge von *Anaphalis* denen von *Antennaria* oder *Leontopodium* gleich gewesen sind. Von der Dauerform gelangt man zu einer Blüte, die in der Entwicklung keinen Schritt vorwärts bedeutet, sondern Verkümmerung und Untergang zur Folge hat. Es handelt sich hier nicht um einzelne Missbildungen unter sonst normalen weiblichen Blüten, sondern diese verkümmerten Formen sind bei den aus der Schweiz stammenden Individuen ständig, wenn auch in geringer Zahl, um sonst männliche Köpfchen zu finden. Form c zeigt, dass sogar der Fruchtknoten zusammengeschrumpft ist und kein Ovulum enthält. Da auch die Drüse verkümmert ist, kann es sich auch nicht um Honigblüten handeln. Die Zipfel der Kronröhre sind oft deformiert.

Wenden wir uns zur männlichen Reihe. Die Uebergänge der Zwitterblüten zu männlichen Blüten sind gleich denen von *Leontopodium* etc. Die rein männliche Blüte jedoch zeigt eine weitgehende Differenzierung: denn der Fruchtknoten, der beim Edelweiss, wenn auch inhaltlos, so doch noch vorhanden ist, verschwindet bei *Anaphalis* gänzlich; er wird zu einem kurzen Stil (e). Der Griffel ist völlig ungeteilt, die Drüse ist gut entwickelt (d).

Eigentümlicher Art ist bei *Anaphalis margaritacea* der Modus der Geschlechterverteilung; er steht im Zusammenhang mit der geographischen Verbreitung dieser Species. Die Entwicklungsreihen sind unvollständig und es ist wahrscheinlich, dass nach Untersuchung eines grösseren Materials, sich noch ergänzende oder neue Formen finden werden.

Ein Individuum von *Anaphalis margaritacea* aus dem Ost-Himalaya stammend und dem Herbarium in Kew entnommen, fand ich rein zwittrig (Stad. 1), einen grossen Teil der in der Schweiz und an anderen Orten verwildert vorkommenden Exemplare dagegen rein gynomonöcisch (Stad. 3). Die Randblüten sind von der schmalen Dauerform, die centralen Blüten von der Urform. Zwischen den zwittrigen und gynomonöcischen Köpfchen fand ich keine Uebergänge. Häufig finden sich Individuen, deren Köpfchen central einige zwittrige, dann Uebergänge der zwittrigen Blüten in männliche und peripherisch verkümmerte weibliche Blüten enthalten (4). Oft finden sich diese Kümmerlinge auch um sonst rein männliche Blüten. Ihre Zahl ist sehr gering, in einem Falle ergaben sich 70 männliche Blüten zu 3 verkümmerten weiblichen Blüten. Dieses Stadium geht über die eigentliche Subdiöcie schon hinaus; denn, wenn auch diese letzten Kümmerlinge wegfallen, sind die Individuen rein männlich und zwar sind sie sekundär entstanden. Zwischen den gynomonöcischen Formen und den eben erwähnten konnten Uebergänge nicht konstatiert werden, es ist aber klar, dass sie existieren oder existiert haben; denn die verkümmerten weiblichen Blüten lassen doch zweifellos voraussetzen, dass sie einmal normale weibliche Dauerformem gewesen. Schon nach Analogie mit *Leontopodium alpinum,* das die monöcische Verbindung mit den secundär diöcischen und gynomonöcischen Individuen noch konserviert hat, sind wir berechtigt, die Existenz der gleichen Verbindung auch bei einer verwandten *Gnaphaliee* a priori anzunehmen. Uebrigens giebt Hoffmann (1, pag. 186) an, dass *Anaphalis* die gleiche Geschlechterverteilung wie *Leontopodium* besitzt, d. h. durch Ueberwiegen des einen oder anderen Geschlechtes sind die Köpfchen zweigestaltig und zum Teil eingeschlechtlich. Nun ist zwar schon bei *Leontopodium* bemerkt worden, dass diese Charakterisierung ungenau und zweideutig ist, immerhin lässt sich daraus entnehmen, dass monöcische und subdiöcische Individuen beobachtet wurden.

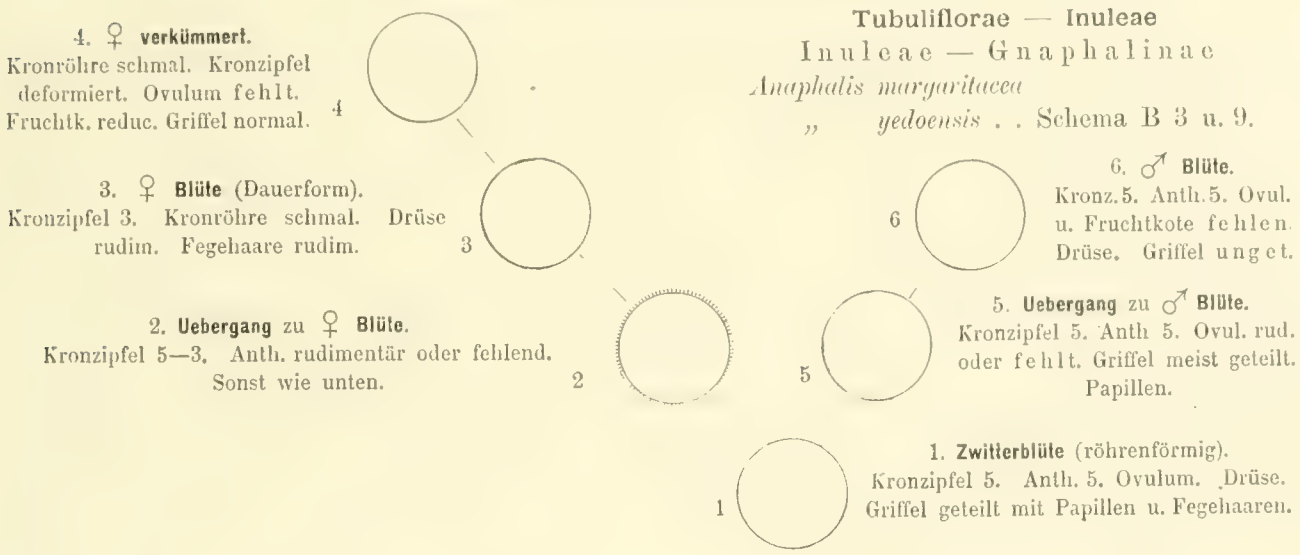
Ausser der secundären Andröcie konnte ich bei *Anaphalis* auch die primäre Andröcie und somit auch die Andromonöcie konstatieren. Einige aussereuropäische Exemplare von *Anaph. margaritacea* besassen nämlich Köpfchen, die direkte Uebergänge zwittriger in männliche darstellten. Die Zwitterblüten waren central wohl erhalten, während bei den Randblüten eine Reduktion des weiblichen Geschlechtes stattfand (Stad. 7). Da sich ausserdem noch rein männliche Individuen fanden, bei denen ebenfalls keine weiblichen Randblüten vorhanden waren (Stad. 9), so haben sich jene eben direkt aus rein zwittrigen Köpfchen entwickelt. Es liesse sich vielleicht der Einwand machen, dass die weiblichen Randblüten bei den betreffenden Köpfchen bereits ausgefallen sein könnten. Allein das wäre kaum anzunehmen; denn wenn aus der monöcischen Reihe auch ersichtlich, dass die weiblichen Blüten sich zeitlich vor den männlichen entwickelt, so sind sie doch, wenn auch in rudimentärer Form, noch zähe bei sonst rein männlichen Köpfchen konserviert; es ist also unwahrscheinlich, dass sie schon bei den Uebergängen verschwunden sein sollten. Sobald allerdings die Kümmerlinge bei den sonst rein männlichen Stöcken nicht mehr entwickelt werden, könnte man diese von den primär entstandenen nicht unterscheiden. Es erscheint auffallend, dass rein weibliche Individuen nicht vorhanden sind; vermutlich sind sie auch nur zufällig im vorliegenden Herbarmaterial nicht vertreten gewesen. Die Gynomonöcie scheint allerdings für diese Gattung eine sehr zweckmässige Geschlechterverteilung zu sein; denn zu ihr gehörten weitaus die meisten zur Untersuchung gekommenen Exemplare. Die Monöcie dagegen scheint nur eine ungünstige Durchgangsphase gewesen zu sein, da die weiblichen Randblüten schon im Rückgang befindlich sind in Köpfchen, die noch nicht einmal vollständig das männliche Stadium erreicht haben. Umgekehrt verhielt es sich bei *Leontopodium,* wo die Gynomonöcie am seltensten vorkam und meist zur reinen Monöcie oder Gynöcie hinneigte. Die Monöcie dagegen erwies sich, wenigstens für die Individuen der europäischen Alpen, als äusserst günstig.

Von der Species *Anaphalis yedoensis* fand ich nur gynomonöcische und rein männliche Individuen.

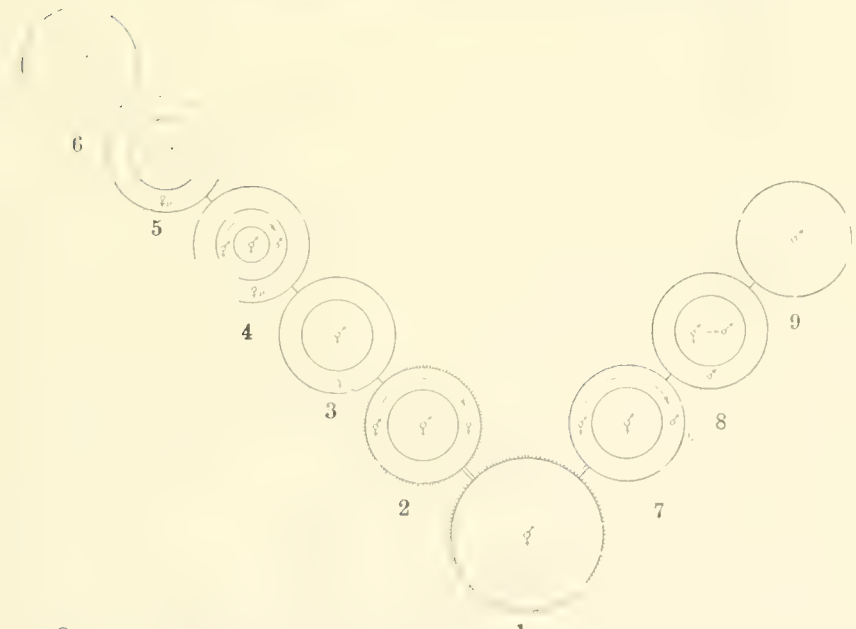
Die Systematiker sind nicht einig, welche Stellung sie Anaphalis unter den *Inuleae-Gnaphalinae* zu geben haben. Die Einen rechnen *Anaphalis* zur Gattung *Gnaphalium,* die Andern, z. B.

Knuth (I, pag. 609) und Gremli, zu *Antennaria*. Hoffmann (I, pag. 602), Bentham und Hooker machen aus *Anaphalis* eine selbständige Gattung, bei der durch Ueberwiegen des einen oder anderen Geschlechtes Diöcie erreicht wird. Hermaphroditismus, Gynomonöcie, Andromonöcie und primäre Andröcie scheinen also bei *Anaphalis* bisher nicht bekannt gewesen zu sein.

Schema X A. Entwicklung der Einzelblüten.



Schema X B. Entwicklung der Blütenköpfchen.



3) Gynomonöcie.
5) Subdiöcie.
6) Andröcie (secundär).
9) Andröcie (primär).

♀*v* = verkümmerte weibliche Blüte.

Schema XI.

Zwittrige Röhrenblüten, zwittrige und weibliche Lippenblüten und weibliche Zungenblüten (Gynomonöcie).

Die Gattung *Gerbera*, durch einen grossen Formenreichtum ausgezeichnet, zeigt zwei neue Wege der Umwandlung der Urform in eine Zungenblüte, die sich von den 3 resp. 4 bisher besprochenen dadurch unterscheiden, dass sie nur durch das Lippenstadium hindurch zum Ziel gelangen.

Die Verschiedenheiten im Modus der Entwicklung innerhalb der Gattung *Gerbera* selbst lassen sich am besten auf dem Generalschema (Tafel I) beobachten, wo sie durch die Reihen F. a und F. b schematisch dargestellt sind. Nach F. a verläuft die Entwicklung von *Gerbera Wrightii*, nach F. b die von *Gerbera viridifolia* und verschiedenen anderen Spezies. Die Umwandlung der zwittrigen Röhrenblüte in eine Lippenblüte erfolgt bei beiden Arten in gleicher Weise. 3 Zipfel der Kronröhre verwachsen teilweise mit einander, die beiden hinteren bleiben frei (Fig. F.). Derselbe Vorgang ist schon im Schema II besprochen worden. Die Röhrenblüte nimmt die centralste Stellung im Köpfchen ein, die Lippenblüte steht mehr aussen. Das vollständige Lippenstadium wird dadurch erreicht, dass 3 Kronzipfel nahezu ganz verwachsen und eine Unterlippe bilden. Die Oberlippe besteht aus den 2 freien hinteren Kronzipfeln. Von hier an scheiden sich die Entwicklungswege von *Gerb. Wrightii* und *Gerb. viridifolia*. Erstere verwandelt die hermaphrodite Lippenblüte direkt in eine weibliche Zungenblüte; es findet also eine gleichzeitige Modifikation der Antheren und der Corolle statt (Fig. 16). Die Bildung der Zunge kommt durch eine Streckung der Unterlippe zu Stande; die Oberlippe wird rudimentär. Die Zunge ist so stark entwickelt und kontrastiert so sehr mit den nach innen folgenden Lippenblüten, dass man das Verschwinden von Blüten mit mittleren Zungengrössen zwischen ihnen annehmen muss. Rein weibliche Zungenblüten waren bei den zur Untersuchung vorliegenden Exemplaren nicht vorhanden; es ist aber wahrscheinlich, dass bei einigen Individuen auch die letzten Antherenrudimente geschwunden und die Blüten vollkommen weiblich geworden sind. Wenden wir uns nun dem zweiten Entwicklungsmodus, dem von *Gerbera viridifolia* zu (Fig. 17). Die zwittrige Lippenblüte transformiert sich in diesem Fall nicht direkt in eine Zungenblüte, sondern erst, wenn das weibliche Stadium vollständig erlangt ist. Weibliche Lippenblüten fehlten bei *Gerb. Wrightii* gänzlich. Bei *Gerb. viridifolia* dagegen wird die zwittrige Lippenblüte in zahlreichen Uebergängen in die weibliche Lippenblüte umgewandelt. Blüte d stellt eine solche Uebergangsform dar, die folgende Blüte e ist rein weiblich. Bei f ist die Oberlippe rudimentär geworden, die Blüte ist weder lippen- noch zungenförmig. Ausgesprochene Zungenblüte ist g, die Oberlippe ist nur noch in Form von 2 kleinen Zipfeln sichtbar. Auf dem äussersten Blütenkreise stehen stark entwickelte Zungenblüten (h). Die Grössendifferenz zwischen den Zungen der beiden äussersten Blütenkreise ist sehr bedeutend. Während die Zungen der Randblüten durch ihre starke Ausbildung in hohem Grade als Schauapparat dienen, gehen diejenigen des nach innen folgenden Kreises immer mehr in der Entwicklung zurück und scheinen dem völligen Schwinden entgegenzugehen; denn bei einigen Species, z. B. *Leria nutans* (Fig. 18) sind die Zungen dieser Blüten (a) und natürlich auch die Oberlippen nur als Rudimente vorhanden. Es ist kaum wahrscheinlich, dass diese Blüten einst stark ausgeprägte Zungenblüten waren; denn vergleicht man die Zunge der Blüte g (Fig. 17) mit den entsprechenden Unterlippen der vorhergehenden Lippenblüten f, e, d, so sieht man, dass sie diesen in der Länge und Entwicklung eher nachsteht, als sie übertrifft. Es haben sich also die weiblichen Lippenblüten direkt in Blüten

Fig 16
Gerbera Wrightii 15/1.

Fig. 17a Fig. b Fig. c

Fig. d Fig. e Fig. f Fig. g Fig. h

Fig. 17. Gerbera viridifolia 10/1.

mit reduzierter Krone entwickelt. Da die 2 freien hinteren Kronzipfel in allen Fällen, wo es sich um Reduktion der Krone handelt, zuerst zurückgebildet werden, muss bei den Lippenblüten, die in Blüten mit rudimentären Kronen sich umwandeln, das Zungenstadium zu Stande kommen. Zwischen den Blüten der beiden äusseren Kreise findet also weitgehende Differenzierung und Arbeitsteilung statt. Die zu äusserst stehenden Blüten dienen sowohl der Fructifikation, als auch als Schauapparat, die mehr nach innen gelegenen Blüten dienen nur dem ersten Zwecke.

Vollständige Entwicklungsreihen zeigte ausser *Gerb. viridifolia* nur noch *Anandria Bellidiastrum;* bei den übrigen zum Schema angeführten Species waren die Reihen unvollständig. Ob die fehlenden Formen nicht mehr existieren, oder ob sie im Herbarmaterial zufällig nicht vorhanden waren, lässt sich nicht sagen. Meist war das Material so spärlich vorhanden, dass man demselben Köpfchen nur wenige Blüten entnehmen konnte; ob daher die gefundenen Blütenformen nur auf ver-

Fig. 18a Fig. b

Fig. 18. Leria nutans 10/1.

Schema XI A. Entwicklung der Einzelblüten.

9. ♀ *Zkl* **verkleinert.**
Kronzipfel stark reduziert.
Sonst wie unten.

9

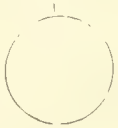
10

10. ♀ *Zgr* **vergrössert.**
Zunge stark entwickelt.
Hintere Kronzipfel rud. oder fehlend. Sonst wie unten.

8. ♀ *Z* **Blüte.**
Unterlippe gestreckt, Oberlippe wird rudimentär.
Sonst wie unten.

8

7. Uebergang von ♀ *L*— ♀ *Z.*
Unterlippe beginnt sich zu strecken.
Oberlippe verkleinert.
Sonst wie unten.


7

6. ♀ *L* **Blüte.**
Anth. fehlen. Drüse rudimentär.
Sonst wie unten.

6

5. Uebergang von ♂ *L*— ♀ *L.*
Anth. stets weniger als 5.
Sonst wie unten.

5

3. ♂ *L* **Blüte.**
3 Kronzipfel fast völlig verwachsen, 2 frei.
Sonst wie unten.

3

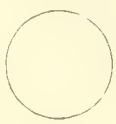
4

4. Uebergang von ♂ *L*— ♀ *Z.*
Unterlippe zungenförm.
Oberlippe rudim. Anth. rudim. Sonst wie unten.

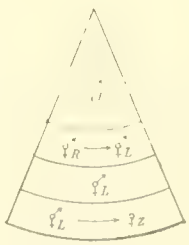
2. Uebergang von ♂ *R*—♂ *L.*
3 Kronzipfel teilweise verwachsen, 2 frei.
Sonst wie unten.

2

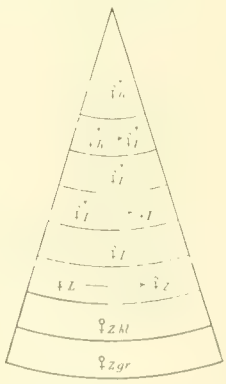
1. Zwitterblüte (röhrenförmig).
Kronzipfel 5. Anth. 5. Ovulum.
Drüse. Griffel tief geteilt mit Papillen und Fegehaaren.


1

Schema XI B. Entwicklung der Blütenköpfchen.



Gerbera Wrightii.



Gerbera viridifolia (u. andere).

Tubuliflorae -- Mutisieae.
Mutisieae — Mutisinae.

Gerbera	*viridifolia*	Schema A vollständig.
„	*piloselloides*	„ 3, 5, 9, 10.
„	*Wrightii*	„ 1, 2, 3, 4.
„	*asplenifolia*	„ 3, 5, 6, 7, 8.
„	*Burmanni*	„ 3, 10.
„	*ferruginea*	„ 3, 10.
„	*natalensis*	„ 3, 10.
Anandria	*tomentosa*	„ 3, 10.
„	*Bellidiastrum*	„ 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8.
Leria	*nutans*	„ 1, 2, 3, 9, 10.

♂ *R* = zwittrige Röhrenblüte
♂ *L* = „ Lippenblüte
♀ *L* = weibliche Lippenblüte
♀ *Z* = „ Zungenblüte
♀ *Zkl* = „ „ verkleinert
♀ *Zgr* = „ „ vergrössert.

schiedenen Stöcken oder auch alle auf ein und demselben Individuum zu finden sind, das könnte nur durch eine vollständige Untersuchung eines Köpfchens entschieden werden.

Auf dem Schema für die Entwicklung der Blütenköpfchen sind, der bequemen Darstellung wegen, die verschiedenen Blütenformen von der im Mittelpunkt des Köpfchens stehenden Urform bis zu der peripherischen weiblichen Zungenblüte in ihrer phylogenetischen Reihenfolge als zu demselben Köpfchen gehörig dargestellt; in Wirklichkeit sind sie, wie erwähnt, nicht immer dem gleichen Köpfchen, sondern auch mehreren Individuen derselben Species entnommen. Es ist jeweils angegeben, welche Formen bei jeder Species gefunden wurden.

Zwei Gruppen der *Tubuliflorae-Mutisieae* sind im Schema VI behandelt worden. Zu der dritten Gruppe der *Mutisieae-Mutisinae* gehört die Gattung *Gerbera,* von deren 32 Arten ich 10 untersuchte. Das Vorkommen verschiedener weiblicher Blüten bei *Gerbera* wird auch von Hoffmann (I, pag. 345) erwähnt, sie sollen bald den centralstehenden, bald den peripherischen Blüten ähnlich sehen, doch ist über den Zusammenhang dieser Formen nichts gesagt.

Schema XII.

Petasites.

Die viererlei Modi der Geschlechterverteilung von *Petasites,* die bis jetzt bekannt gewesen, sind sehr verschieden aufgefasst worden. Eine genauere Untersuchung der Gattung *Petasites* hat noch 3 weitere Formen der Geschlechterverteilung ergeben, und im Folgenden will ich zu zeigen versuchen, dass dadurch die Entwicklung dieser Gattung an Verständlichkeit gewinnt. Zur Vergleichung der verschiedenen Auffassungen habe ich 3 verschiedene Schemata für *Petasites albus* aufgestellt. Das erste (XII A.) gilt der Entwicklung der Einzelblüten, das zweite (XII B.) stellt die Entwicklung der Blütenköpfchen nach H. Müller's und Hildebrand's Auffassung dar, das dritte entspricht meinen eigenen Beobachtungen. Beginnen wir mit Schema A.

Von 8 Kreisen ist nur einer hypothetisch und zwar, wie gewöhnlich, der mit den Uebergängen zu weiblichen Blüten. Es giebt allerdings noch Blüten (Fig. 19 a und b), die weitröhriger

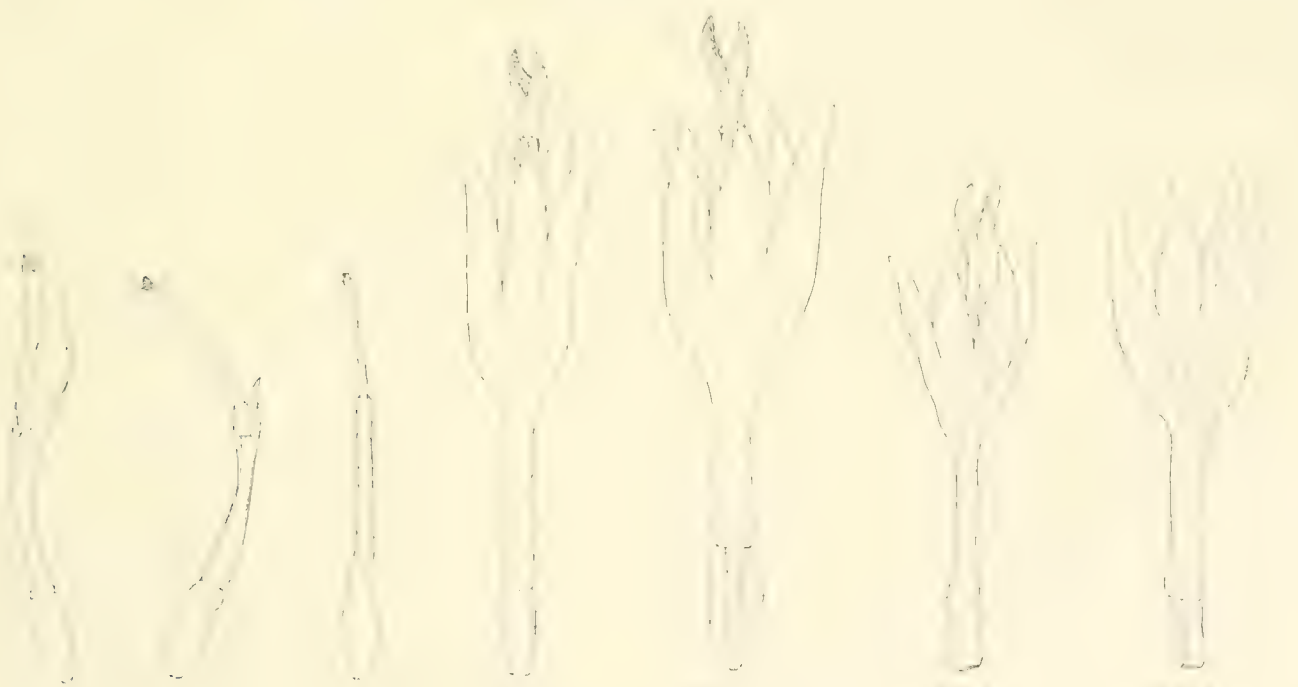


Fig. 19a Fig. b Fig. c Fig. d Fig. e Fig. f Fig. g

Fig. 19. Petasites albus 20/1.

als die weiblichen Dauerformen (c) sind und die noch starke Rudimente der verschwindenden Kronzipfel aufweisen; aber diese Formen sind schon rein weiblich; höchstens deuten die wenigen Fegehaare an den Griffelästen auf das frühere Zwitterstadium hin. Ausser der bekannten weiblichen Dauerform (c und Stadium 3), sollen noch verkümmerte weibliche Randblüten hie und da bei männlichen Köpfchen auftreten (Stad. 4). Leider habe ich sie selbst nicht beobachtet. Nach Müller (X, pag. 455) sollen ihre Narbenäste mehr oder weniger verkümmert, meist schwärzlich und gänzlich verschrumpft sein. Der Fruchtknoten ist entweder leer oder mit einer unvollkommen ausgebildeten Samenknospe versehen.

Wenden wir uns zur männlichen Reihe, so treffen wir zuerst auf Uebergangsformen. Bei diesen sind die Ovula und Papillen rudimentär geworden oder fehlen ganz. Bei den rein männlichen Blüten ist der Fruchtknoten oft zu einem Stiel modificiert (Fig. 19 e). Eine dritte Entwicklungsreihe führt von der Zwitterblüte zur Honigblüte. Die Uebergänge zeigen rudimentäre Pistille oder Antheren, die Drüse ist aber stark entwickelt (f). Bei den folgenden Blüten fehlt ein Ovulum gänzlich, die Antheren sind kurz und unzusammenhängend. Die Kronröhre ist breit, so dass der Honig den Insekten gleichsam in einem Becher dargeboten wird (g).

Auf dem Schema B. für die Entwicklung der Blütenköpfchen nach Müller's und Hildebrand's Auffassung, sehen wir zunächst 2 hypothetische Stadien (1 und 2). Das dritte, reelle Stadium, zeigt central rein männliche Blüten, peripherisch weibliche Blüten, die nach einigen Autoren fruchtbar sein sollen. Von diesen Köpfchen spalten sich zwei Reihen ab, die zur extremen Diöcie führen. In der linken Reihe ist dargestellt, wie die weiblichen Blüten die männlichen immer mehr verdrängen. Central bleiben nur wenige (2—3) nach Hildebrand (I): verkümmerte männliche Blüten, nach Müller (X, pag. 458): in Honigblüten verwandelte männliche Blüten. In der männlichen Reihe werden umgekehrt die weiblichen Blüten durch die männlichen verdrängt. Die Randblüten verkümmern und fallen schliesslich ganz ab, so dass die Köpfchen rein männlich werden. Wie erwähnt, sind nach Hildebrand's Meinung die wenigen neutralen Blüten im Centrum der Köpfchen der Rest, der noch nicht gänzlich verschwundenen männlichen Blüten. Hildebrand ist sogar der Meinung, dass sich, entsprechend den rein männlichen Köpfchen, auch rein weibliche würden finden lassen, in denen jede Spur männlicher Blüten unterdrückt ist. Es ist ihm nämlich entgangen, dass diese wenigen grossen centralen Blüten durchaus kein unnützer Rest, sondern dass sie Honigblüten sind. Da sämtliche weibl. Blüten nur Rudimente von Honigdrüsen besitzen, sind diese Blüten äusserst wichtig und keineswegs den verkümmerten weiblichen Randblüten der männlichen Köpfchen analog zu setzen, wie Hildebrand und Müller es thun. Diese Honigblüten sind nicht als transformierte männliche, sondern als umgewandelte Zwitterblüten aufzufassen. Der Beweis ist leicht erbracht: Die Honigblüten mancher Species von *Petasites* besitzen noch normale oder rudimentäre Ovula, ihre Griffel sind tief geteilt und zuweilen *(Pet. niveus)* mit 2 Längsreihen von Papillen besetzt. Die rein männlichen Blüten dagegen haben allerdings auch häufig geteilte Griffel, aber niemals Papillen und Ovula. Die Honigblüten stehen also den Zwitterblüten näher als den männlichen und können daher nicht aus diesen hervorgegangen sein.

Dieser Auffassung gemäss gestaltet sich die Entwicklung der Blütenköpfchen auf Schema C wesentlich anders. Rein zwittrige Köpfchen sind hier wirklich vorhanden, dagegen ist Stadium 2 auch hier hypothetisch. Vorhanden sind wiederum Köpfchen mit rein weiblichen Randblüten und Uebergängen zu männlichen Blüten im Mittelfelde. Stadium 4 repräsentiert die rein monöcische Form. Stadium 5 ist subdiöcisch und führt, wie bei *Anaphalis,* zur secundären Andröcie, die in 6 dargestellt ist. Bei *Petasites* kommt aber ausserdem, analog *Leontopodium* und *Anaphalis,* auch die primäre Andröcie vor. Es existieren Köpfchen (7), die central Zwitterblüten, am Rande Uebergänge zu männlichen Blüten besitzen, bei denen also keine Spur von einer Verweiblichung der Randblüten zu finden ist. Die rein männlichen Köpfchen werden hier auf direktem Wege erzielt (8).

Die Reihe der Honigblüten enthaltenden Köpfchen ist an das hypothetische Stadium (2) angeschlossen worden.

Aus dem Stadium 9 mit Uebergängen zu Honigblüten und weiblichen Randblüten entwickeln sich die Köpfchen des Stadiums 11.

Bei der Gattung *Petasites (P. albus, niveus* etc.) kommen also folgende Formen der Geschlechterverteilung vor:

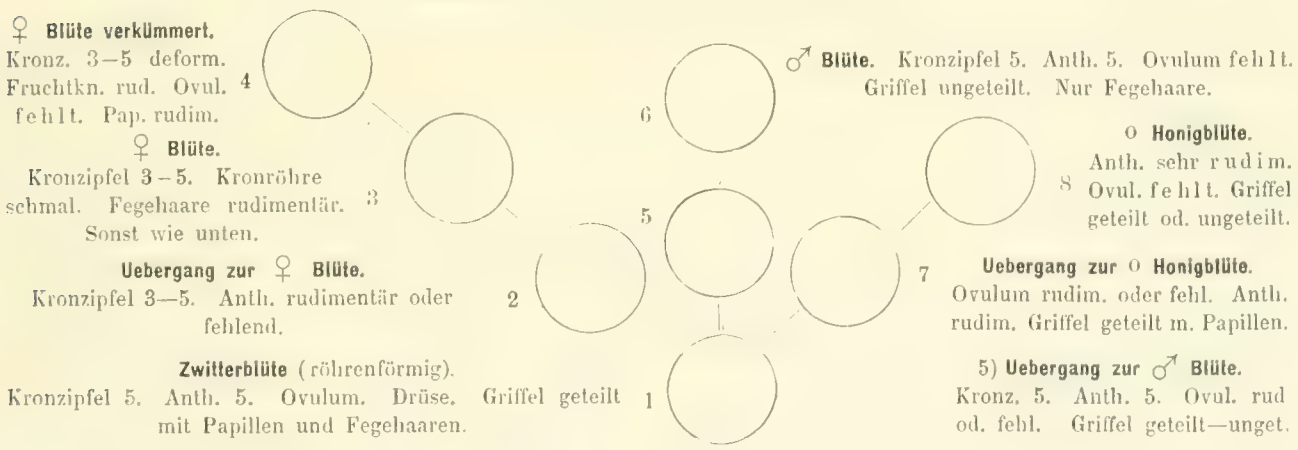
1. Hermaphroditismus
2. Monöcie
3. Subdiöcie
4. secundäre Andröcie
5. primäre Andröcie
6. Agamogynöcie (weibl. Blüten u. Honigblüten)

Ausser von Hildebrand werden die Honigblüten von *Petasites* auch von anderen Autoren nicht als solche anerkannt. Kirchner hält sie für verkümmerte männliche Blüten und Hoffmann (I, pag. 290) bezeichnet sie als unfruchtbare Zwitterblüten. Nach Gremli ist *Petasites* mehr weiblich oder mehr zwittrig. Am meisten weicht Kerner's Auffassung von *Petasites* von derjenigen der übrigen Autoren und vom wahren Sachverhalt ab. Dieser Autor reiht die Gattung *Petasites* in seine sechste Gruppe für Geschlechterverteilung ein, welche Arten umfasst, die an sämtlichen Stöcken neben scheinzwittrigen Pollenblüten reine Fruchtblüten tragen, aber der ächten Zwitterblüten entbehren. „Es giebt Stöcke"; sagt Kerner (pag. 271), „die sehr viele scheinzwittrige Pollenblüten und nur sehr wenige reine Fruchtblüten in ihren Köpfchen haben und umgekehrt. Diese zweierlei Stöcke weichen in ihrem äusseren Aussehen sehr auffallend ab, und man könnte darum die Pestwurz bei flüchtiger Betrachtung auch für zweihäusig halten." Aus dieser Schilderung geht hervor, dass Kerner nicht nur die Honigblüten als solche nicht erkannt hat, sondern dass ihm auch die, 30 Jahre vorher, Hildebrand bekannt gewesenen Formen der rein männlichen Köpfchen oder diejenigen mit einzelnen verkümmerten weiblichen Randblüten, unbekannt geblieben sind.

Eine Species von *Petasites,* nämlich: *Pet. fragrans* besitzt in rein männlichen Köpfchen einige weiblichen Zungenblüten statt der weibl. Dauerform mit reducierter Krone. Da mir andere Formen dieser Species nicht bekannt, mag sie für's Erste zu diesem Schema gezählt werden.

Die Gattung *Petasites* gehört zur Gruppe der *Senecioneae-Senecioninae.* Von 14 Arten habe ich 4 untersucht. Nach Müller ist *Petasites (albus)* zweihäusig mit viererlei Blütenformen, nach Hoffmann unvollständig zweihäusig. Wie im Vorhergehenden gezeigt, existieren ausser diesen Formen auch noch hermaphrodite, monöcische, primär und secundär andröcische.

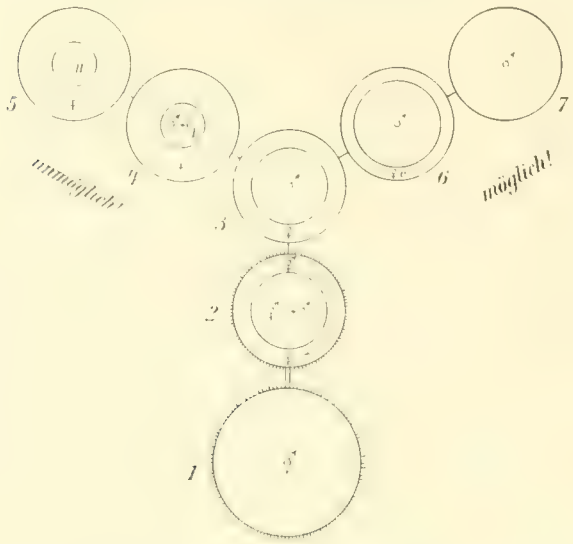
Schema XII A. Entwicklung der Einzelblüten.



o*H* = neutrale Honigblüte.

Tubuliflorae — Senecioneae.
Senecioneae — Senecioninae.
Petasites albus.
Petasites niveus.
„ *officinalis.*
„ *frigidus.*

Schema XII B. Entwicklung der Blütenköpfchen von *Petasites albus*.
Nach Hildebrand und H. Müller.



$\circ H$ = neutrale Honigblüte. φv = verkümmerte weibl. Blüte.

Schema XII C. Entwicklung der Blütenköpfchen.

Petasites albus alle Stadien ausser 1.
„ *niveus* alle reellen Stadien.
Petasites officinalis 6 oder 7 und 10.
„ *frigidus* 6, 8 und 10.

$\circ H$ = neutrale Honigblüte φv = verkümmerte weibliche Blüte.

Schema XIII.

Centaurea Jacea.

„In der Vielgestaltigkeit der Blumenköpfe unserer gemeinen *Centaurea Jacea,*“ sagt Müller (V, pag. 241) „liegt uns ein lehrreiches Beispiel des Entstehens neuer Blumenformen vor, wohl wert, von Jedem, der sich für die Entwicklungslehre interessiert, näher ins Auge gefasst zu werden“. Müller's Aufsatz ist in der That sehr interessant, leider ist es mir nicht möglich gewesen, alle die mannigfaltigen Blütenformen von *Centaurea Jacea* aus eigener Anschauung kennen zu lernen. Ich habe nämlich Exemplare aus 12 verschiedenen Orten der Schweiz und Oesterreichs, ferner Varietäten und andere Species der Gattung *Centaurea* im Ganzen aus 36 Gegenden untersucht und fand, wohl nur durch Zufall, immer die gleichen Blütenverhältnisse: nämlich Köpfchen, die central zwittrige Blüten und peripherisch neutrale Strahlblüten enthielten. Ich habe nun trotzdem versucht, ein Schema für die Entwicklungsgeschichte von *Cent. Jacea* nach der Beschreibung Müllers aufzustellen. Da keine Abbildungen der verschiedenen Blütenformen gegeben und da ferner Uebergangsformen wohl erwähnt, aber nicht näher geschildert werden, konnten im Schema auch nur die wichtigsten Entwicklungsstufen angegeben werden. Es sei hier die Müller'sche Uebersicht über die Geschlechterverteilung wiedergegeben, weil seine eigene Darstellungsmethode uns am schnellsten über seine Auffassung orientiert.

Stammform.

Alle Blüten des Köpfchens zweigeschlechtig.

a.	b.
Uebergang zur Weiblichkeit.	Uebergang zur Männlichkeit.
a_1 (erste Stufe) Aeussere Blüten verkleinert, weiblich, innere zweigeschlechtig, von ursprünglicher Form.	b_1 (erste Stufe) Randblüten vergrössert, strahlend, weiblich, innere zweigeschlechtig, von ursprünglicher Form.
a_2 (zweite Stufe) Alle Blüten verkleinert, weiblich.	b_2 (zweite Stufe) Randblüten stärker vergrössert, strahlend, geschlechtslos, innere zweigeschlechtig, von ursprünglicher Form.
a_3 (dritte Stufe) Randblüten wieder vergrössert, strahlend, geschlechtslos, Scheibenblüten verkleinert, weiblich.	b_3 (dritte Stufe) Randblüten stärker vergrössert (oft weiss), strahlend, geschlechtslos, innere vergrössert, der Funktion nach männlich.

Will man die Schemata exact nach der Müllerschen Tabelle richten, so ist man gezwungen, die grosse weibliche Strahlblüte auf zweifachem Wege von der Zwitterblüte abzuleiten, und zwar einmal auf einem indirekten, das anderemal auf einem direkten Wege. Die obige Tabelle zeigt nämlich eine Lücke; denn in der Reihe b entsteht die strahlende neutrale Blüte aus der strahlenden weiblichen Blüte, und dieses Verhalten stimmt mit den an anderen Compositen gemachten Erfahrungen überein. In der Reihe a dagegen folgen auf die verkleinerten weiblichen Blüten direkt strahlende geschlechtslose Blüten. Die Phylogenie verlangt aber zwischen diesen beiden extremen Formen vergrösserte weibliche Blüten. Ohne Kenntnis der Uebergangsformen ist die Construktion eines Schema für die Entwicklung der Einzelblüten kaum ausführbar; ich habe mich daher mit der schematischen Darstellung der Entwicklung der Blütenköpfchen, gemäss Müllers Tabelle, begnügt. Auf dem Schema XIII Seite 46 wird man die 7 von Müller beschriebenen Stufen leicht wiedererkennen. Auch die fehlenden Zwischenformen kann man sich in der rechten Reihe ergänzen. Nur in der weiblichen Reihe, zwischen den rein weiblichen Köpfchen (Stadium 3) und denen mit neutralen Strahlblüten (Stadium 5) klafft die vorhin erwähnte Lücke. Sie ist daher durch ein hypothetisches Stadium mit verkleinerten weiblichen Blüten central und weiblichen Strahlblüten peripherisch aus-

gefüllt worden. Da nach Müller die extremen Formen durch eine lückenlose Kette mit der Stammform verbunden werden, so ist vermutlich auch diese Form vorhanden und von Müller nur übersehen worden. Sie würde correspondieren mit dem Köpfchen der anderen Reihe, welches central zwittrige Blüten und peripherisch weibliche Strahlblüten enthält (Stad. 6).

Bemerkenswert ist, dass auch bei *Cent. Jacea* das männliche Geschlecht sich erst spät, d. h. am Ende einer Entwicklungsreihe ausbildet. Die Zwitterform wird streng beibehalten, auch nachdem die Randblüten nicht nur weiblich, sondern auch schon geschlechtslos geworden (Stad. 7). Müller schildert das Männlichwerden folgendermassen: „Endlich aber, nachdem die Randblüten ihre Corolle auf's äusserste vergrössert und, abgesehen von einem dünnen tauben Fruchtknoten, alle übrigen Teile ganz verloren haben, ergreift die Abänderung auch die Scheibenblüten; deren Griffeläste thun sich, nach dem Herausfegen des Pollens aus der Antherenröhre, immer weniger, schliesslich gar nicht mehr auseinander und beginnen dann von der Basis her zu einer soliden Fegestange zusammenzuwachsen."

Die Differenzierung der männlichen Blütenköpfchen geht noch weiter, indem die neutralen Strahlblüten weiss werden, während die Scheibenblüten rot bleiben. Da alle übrigen Blütenköpfchen ihre rote Farbe nicht verändern, so übertreffen die männlichen Köpfchen die weiblichen an Augenfälligkeit. So fein und einleuchtend auch Müllers Schilderung von der Entwicklung der *Cent. Jacea* ist, so unbegreiflich sind seine Erklärungen der Ursache und Wirkung dieser Differenzierung. Der Nutzen der grösseren Augenfälligkeit der männlichen Blüten vor den weiblichen liegt nach Müller darin, dass die Insecten dadurch veranlasst werden, erst die männlichen Blüten zu besuchen, mit deren Pollen sich zu behaften und diesen dann auf die unscheinbaren weiblichen Blüten abzuladen. Dadurch wird nun Kreuzbefruchtung gesichert. Wie denkt sich Müller diesen Vorgang? Wenn auf einer Wiese auffällige Blütenstöcke neben unscheinbaren zusammenstehen, so ist es allerdings wahrscheinlich, dass die Insecten die ersteren zuerst besuchen, ja nach Müllers früheren Ansichten (IX, pag. 319) müssten zuerst sogar alle auffälligen Blüten aufgesucht und dann erst die unscheinbaren, kleinblumigen Stöcke beachtet werden. Welchen Nutzen hätte nun aber die Pflanze, wenn die Insecten der Reihe nach alle auffälligen Blüten besuchten, d. h. wenn sie veranlasst würden, den Pollen von einer männlichen Pflanze zur anderen männlichen zu transportieren? Ich glaube zwar, dass die Insecten nicht so exclusiv verfahren, und dass sie auch einen kleinblumigen Stock besuchen, wenn er gerade in ihrer Nähe steht, aber was hilft es der Pflanze, wenn ihre weiblichen Blüten nur hie und da befruchtet werden, oder gar wenn, wie Müller behauptet, die unscheinbaren, also in diesem Falle die weiblichen Stöcke, besucht würden, wenn alle auffälligen Individuen schon ihren Besuch erhalten haben? Es würden dann ja die Insecten pollenlos von einer weiblichen Blüte zur andern fliegen. Eine Sicherung der Kreuzbefruchtung kann aber nur dann stattfinden, wenn die Insecten gezwungen werden, abwechselnd die auffälligen männlichen und die unscheinbaren weiblichen Blüten zu besuchen. So lange Müller nicht zeigen kann, dass die Differenzierung dieses Ziel erstrebt, so lange bleibt es unwahrscheinlich, dass sie Sicherung der Kreuzbefruchtung überhaupt bewirken will.

Eingeschlechtlichkeit soll nach Müller bisweilen auch durch Compensation herbeigeführt werden. Eine Vergrösserung der Randblüten bei rein zwittrigen Stöcken z. B. hat ein stärkeres Zuströmen von Saft, der für die männlichen Organe bestimmt war, zur Corolle zur Folge, es tritt daher Rudimentärwerden der Antheren ein. Die Compensationsfrage ist eine so dunkle, dass ein Urteil über sie voreilig wäre.

Ich möchte nur auf einen fraglichen Punkt hinweisen. Betrachtet man das Schema, so sieht man, dass rechts und links von dem zweigeschlechtigen Stammköpfchen zwei Blumenköpfchen abzweigen, von denen das eine central Zwitterblüten und peripherisch weibliche Blüten mit vergrösserter Corolle (Stadium 6), das andere ebenfalls Zwitterblüten, aber Randblüten mit verkleinerter Corolle enthält.

Nach Müller bewirkt im ersten Falle die Compensation die Vergrösserung der weiblichen

Randblüten. Nun könnte man fragen, warum die Compensation, die doch ein mechanischer Vorgang ist, nicht auch in der weiblichen Linie eine Rolle spielte Wie kommt es, dass mit dem Rückgang der Antheren im zweiten Falle sogar eine Verkleinerung der Corolle zusammenfällt?

Es würde zu weit führen, wollte man hier noch auf die übrigen interessanten Fragen, die Müllers Aufsatz enthält, näher eingehen. Von seiner Blumentheorie ist noch einmal im Kapitel über den Einfluss äusserer Factoren auf das Geschlecht die Rede.

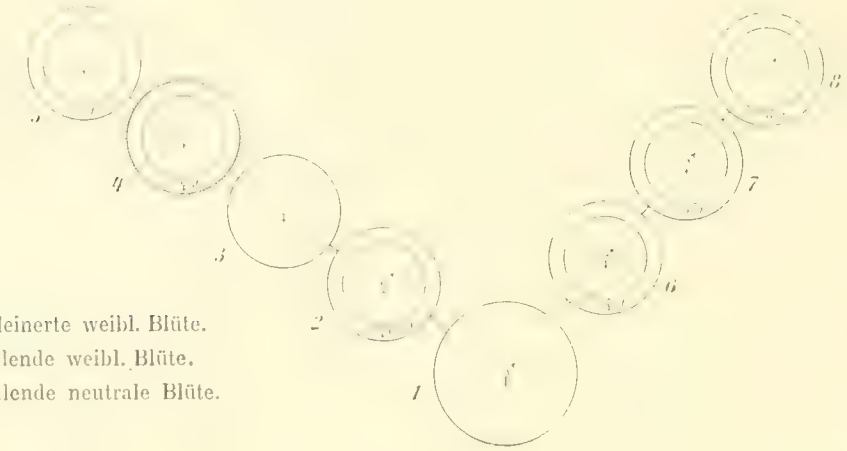
Als Anhang zu *Centaurea Jacea* füge ich noch eine andere Gruppe der *Cynareen* hinzu, die, was die Geschlechterverteilung betrifft, teils in Schema I, teils in Schema V gehört.

In Bezug auf die *Cynareen,* die nur zwittrige Exemplare besitzen, stehen meine Untersuchungen im Einklang mit den Litteraturangaben; anders verhält es sich mit der Gattung *Cirsium* DC. resp. *Cnicus* L. Die Systematiker sind sich nicht einig über die Geschlechtsverhältnisse der *Cirsieen;* das ist dadurch erklärlich, dass einige Species in der einen Gegend zwittrig, in der anderen weiblich, an einem dritten Ort zwittrig und weiblich auftreten. *Cirsium arvense* z. B. wird von Müller (IX pag. 381 388) für rein zwittrig gehalten, da er die weiblichen Formen nicht erwähnt. Kirchner (pag. 720) bezeichnet *Cirs. arvense* als gynodiöcisch. Hoffmann (I pag. 322) und Gremli (pag. 239) halten die Köpfchen für homogam; durch Fehlschlagen sollen sie teilweise zweihäusig sein. Auch Warnstorf (I pag. 39) beobachtete gynodiöcische Exemplare. Knuth (I pag. 638) führt *Cirs. arvense* ebenfalls als gynodiöcisch an; es ist daher nicht recht verständlich, wie er gleich darauf hinzufügen kann: „Kerner bezeichnet die Geschlechterverteilung sehr treffend: scheinzwittrige Fruchtblüten und scheinzwittrige Pollenblüten auf getrennten Stöcken". In Kerners „Pflanzenleben" ist in der That angegeben, dass die ganze Gattung Cirsium in die Abteilung der Pflanzen mit scheinzwittrigen Frucht- und Pollenblüten gehöre. In dem Kapitel: „die Kreuzung" (pag. 272) bringt Kerner in die zwölfte Gruppe jene Arten, welche an dem einen Stocke scheinzwittrige Fruchtblüten, an dem anderen scheinzwittrige Pollenblüten tragen. Kerner fügt hinzu: „Das wurde beobachtet an den Arten des Kreuzdorns, *Cirsium, Gnaphalium dioicum* etc." Nach Kerner kommen sogar „reine Pollenblüten" bei der Gattung *Cirsium* vor; denn an einer Stelle, wo er über Bastardbildung spricht (pag. 526), sagt er: „Für gewöhnlich sind die sämmtlichen an einem Punkte auftauchenden Stöcke eines Kratzdistelbastards entweder nur mit reinen oder scheinzwittrigen Pollenblüten, oder nur mit reinen oder scheinzwittrigen Fruchtblüten versehen". Nun sind aber alle 6 vorhin citierten Autoren der Meinung, dass *Cirs. arvense* meistens sogar rein zwittrig ist und dass die scheinzwittrigen weiblichen Exemplare nur hie und da auftreten; von einer Verkümmerung der weiblichen Organe und einer Ausbildung von Pollen- resp. männlichen Blüten ist nirgends die Rede. Die Existenz rein männlicher Blüten ist übrigens auch deshalb unwahrscheinlich, weil in den weiblichen Blüten der Cirsieen stets noch rudimentäre Antheren zu finden sind; sie haben also das rein weibliche Stadium noch nicht erreicht. Da aber nach der bisher ausnahmslos beobachteten Priorität des weiblichen Geschlechtes sich dieses stets zuerst ausbildet, ist das gleichzeitige Vorkommen rein männlicher Blüten kaum anzunehmen.

Gynodiöcisch fand ich *Cirs. heterophyllum*, *Cirs. oleraceum* und *Cirs. eriophorum*, die von Knuth nur als zwittrig angeführt werden. Weibliche Exemplare fand ich ausserdem bei: *Cirs. canum, Cirs. chinense, Cirs. ciliatum, Cirs. crinitum;* ob Gynodiöcie bei diesen Species bisher schon konstatiert worden ist, ist mir unbekannt.

Schema XIII. Entwicklung der Blütenköpfchen.

Tubuliflorae — Cynareae
Cynareae — Centaureinae
Centaurea Jacea



♀ *verkl.* = verkleinerte weibl. Blüte.
♀ *st* = strahlende weibl. Blüte.
o*st* = strahlende neutrale Blüte.

Bei folgenden *Centaureen* fand ich nur Stadium 7:

Centaurea amara
„ *Gaudinii*
„ *transalpina*
„ *rhaetica*
„ *pratensis*
„ *nigrescens*
„ *nigra*
„ *nervosa*
„ *phrygia*
„ *Cyanus*
„ *montana*

Von 36 *Cynareen* die ich untersuchte waren:

Hermaphrodit.

Cynareae — Echinopsidinae
Echinops sphaerocephalus
Cynareae — Carduinae
Silybum Marianum
Onopordon acanthium
Kentrophyllum lanatum
Lappa minor
„ *nemorosa*
Cirsium affine (heteroph. × oleraceum)
„ *Aleutrense (montanum × spinosissimum)*
„ *ambiguum*
„ *appendiculatum*
Cirsium arachnoideum
„ *Boujarti*
„ *Erisithales*
„ *erucagineum*
„ *excelsior*
„ *decussatum*
„ *discolor*
„ *echinatum*
„ *ferox*
„ *flavispina*
„ *Gauderii*
„ *candelabrum*
„ *Candolleanum*
„ *(Erisithales × oleraceum)*

Gynodiöcisch.

Cirsium arvense
„ *palustre*
„ „ *var. albiflorum*
„ „ „ *incanum*
„ *heterophyllum*
„ *acaule*
„ *(pal. Scop. × arv. Scop.)*
„ *oleraceum*
„ *canum*
„ *chinense*
„ *ciliatum*
„ *crinitum*
„ *eriophorum*

Anhang.

a) Xeranthemum annuum und Heterothalamus brunioides.

Zwei Species, die in die Schemata nicht eingereiht werden konnten, weil ihre Entwicklungsgeschichte zu hypothetisch ist, verdienen doch eine besondere Erwähnung. Es sind dies: *Xeranthemum annuum* und *Heterothalamus brunioides*. Die erstere besitzt im Centrum der Köpfchen röhrenförmige Zwitterblüten, an der Peripherie dagegen finden sich Blüten, die den Anschein von weiblichen Randblüten haben und doch keine sind. Hildebrand findet daher, dass die Gattung *Xeranthemum* eine der merkwürdigsten unter den Compositen ist. Die Krone dieser Blüte ist schmäler als diejenige der Zwitterblüten, verkürzt, meist lippig. Der Griffel ist an der Spitze meist rundlich, ungeteilt und trägt weder Papillen noch Fegehaare. Im Fruchtknoten fehlt das Ovulum. Das Charakteristische dieser Blüten ist die mächtig entwickelte Drüse, die unzweifelhaft darauf hinweist, dass man es mit einer Honigblüte zu thun hat (Fig. 20a). Die Systematiker jedoch bezeichnen sie nirgends direkt als Honigblüten. Sprengel hält sie für weibliche Blüten und auch Hoffmann (I pag. 315) giebt an, dass diese Blüten weiblich, aber unfruchtbar seien. Auch nach Bentham, Hooker und Knuth besitzt *Xeranthemum* geschlechtslose Blüten, ihre Funktion wird jedoch nicht erwähnt. Buchenau (I pag. 121) giebt eine wichtige Beschreibung dieser Randblüten, wenn er sagt, dass sie einen langen sehr dicken Griffel besitzen, dessen Basis von einer sehr dicken gelben Anschwellung umgeben ist. Die Bedeutung dieser Anschwellung scheint Buchenau nicht bekannt zu sein.

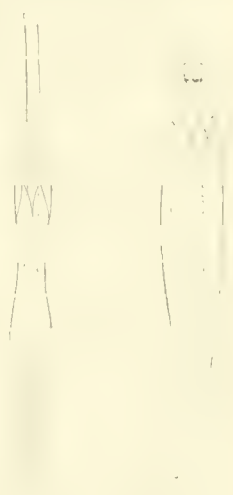


Fig. 20a Fig. b
Fig. 20. Xeranthemum annuum 10/1.

Dem feinen Beobachter Hildebrand ist es nicht entgangen, dass die neutralen Randblüten von *Xeranthemum* durch starke Honigproduction zahlreiche Insecten heranlocken.

Was die Entwicklung dieser Blüten betrifft, so kann man wohl annehmen, dass sie einmal rein weiblich gewesen sind, ob sie aber zungen-, lippen- oder röhrenblütig gewesen, darüber kann man nur Vermutungen aufstellen.

Heterothalamus brunioides ist inbezug auf die Entwicklungsgeschichte der Randblüten verständlicher; die Geschlechterverteilung ist jedoch komplizierter als bei der vorigen Species. Nach Hoffmann (I pag. 170) ist *Heteroth. brunioides* polygamisch-diöcisch; d. h. es sind rein weibliche Individuen mit röhrenförmigen Blüten und monöcische Individuen mit weiblichen Zungenblüten vorhanden. Weibliche Pflanzen habe ich unter dem Herbarmaterial leider nicht beobachten können.

Die sog. weiblichen Zungenblüten sind auf Fig. 21a, b abgebildet. Die Blüten sind kurzröhrig, plump, die Zunge zeigt unregelmässige Einschnitte und bisweilen auch noch die Rudimente der hinteren Kronzipfel. Der kurze papillenlose Griffel ist an der Spitze hie und da geteilt. In der Fruchtknotenhöhle zeigten sich keine wohlausgebildete Ovula. Die starke Entwicklung der Honigdrüsen weist darauf hin, dass es sich hier nicht um verkümmerte weibliche Blüten wie bei *Anaphalis* handelt, sondern dass diese Blüten dem Individuum durch Honigproduction nützlich sind. Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Blüten einmal weibliche Zungenblüten gewesen sind und zwar solche, die das Lippenstadium passiert haben. Direkt aus Zwitterblüten können sie nicht entstanden sein, weil dann die männlichen und weiblichen Organe gleichzeitig rudimentär geworden wären (Petasites). Der Umstand, dass die Systematiker diese Blüten sogar für „fertile weibliche Strahlblüten“ halten, wie

Fig. 21a Fig. b Fig. c
Fig. 21. Heterothalamus brunioides 10/1.

Bentham und Hooker es thun, ist übrigens schon Beweis genug, dass diese Honigblüten einmal weibliche Zungenblüten waren. Rein weibliche Strahlblüten sind vielleicht auch wirklich noch vorhanden.

b) Ontogenetische Blütenentwicklung einiger Species.

Die phylogenetischen Untersuchungen haben das Ergebnis geliefert, dass die röhrenförmige Zwitterblüte und alle von ihr extrem verschiedenen Blütenformen durch eine ununterbrochene Kette von Zwischengliedern verbunden sind. Da bei diesen, beispielsweise in der erwachsenen weiblichen Blüte, noch rudimentäre Antheren zu finden sind, liegt die Frage nahe, ob Blüten, die im erwachsenen Zustand rein eingeschlechtlich, im jugendlichen Zustande nicht doch noch Anlagen zur Zweigeschlechtlichkeit besitzen.

Die Vermutung hat sich, wie im Folgenden gezeigt werden wird, bestätigt. Als Object für die ontogenetische Untersuchung wählte ich *Doronicum caucasicum*, ganz analog verhält sich *Chrysanthemum Leucanthemum*. Beide Arten besitzen Köpfchen, deren Scheibenblüten zwittrig röhrenförmig und deren einreihige Randblüten weibliche Zungenblüten sind. Die erwachsene Randblüte giebt keinerlei entwicklungsgeschichtliche Anhaltspunkte. Die stark entwickelte Zunge ist an der Spitze verwachsen oder schwach dreizähnig und besitzt keine Rudimente einer Oberlippe; ebenso fehlen rudimentäre Antheren.

Betrachten wir zuerst die ontogenetische Entwicklung der Zwitterblüte und dann erst vergleichsweise die der weiblichen Zungenblüte. Auf Tafel II Fig. 1—5 ist diese Ontogenie dargestellt. Die allerersten Blütenanlagen bestehen nur in einem Zellenkomplex; die erste Differenzierung besteht darin, dass eine kreisförmige Erhebung, ein Wulst, sich bildet, der zum Centrum hin eine kraterförmige Vertiefung bedingt. Fig. 1. Auf einem weiteren Stadium heben sich aus dem Wulst 5 Höcker hervor — die Anlagen zu den 5 Kronblättern: Fig. 2 a auf einem Längsschnitt, Fig. 2 b von oben betrachtet. Aus dem vertieften Grunde erheben sich nun, alternierend mit den Kronblattanlagen, 5 neue Anlagen — die künftigen Antheren: Fig. 3 a auf dem Längsschnitt, Fig. 3 b von oben gesehen. Nun beginnt wieder aus dem Grunde unterhalb der Staubblattanlagen eine neue Erhebung, die anfangs kreisförmig, sehr bald aber zweiteilig erscheint und zwar so, dass die beiden Teile im Medianschnitt liegen. Es sind dies die Griffelanlagen. Fig. 4 lässt auch die zwischen den Erhebungen liegende Vertiefung erkennen — die Anlage zur Fruchtknotenhöhle. Am Grunde bildet sich auf einem weiteren Stadium die Anlage des Ovulums, Fig. 5. Die Kronblätter und Antheren sind in der Entwicklung dem Griffel immer voraus.

Verfolgen wir nun die Ontogenie der weiblichen Zungenblüten (Taf. II Fig. 1—6). Die Blüten sind diesmal von der Mutteraxe aus betrachtet, sie liegen also auf einem Transversalschnitt. Fig. I ist identisch mit Fig. 1 der vorigen Reihe. Einen Unterschied zeigt aber Fig. II; denn statt dass sich wie bei der Zwitterblüte 5 Kronblattanlagen bilden, treten hier nur 3 zum Vorschein, die beiden hinteren werden also garnicht mehr angelegt. Dagegen finden sich auch hier an den Kronblatteinschnitten Erhebungen, die Anlagen von Antheren; auf Fig. III a treten sie deutlich hervor. Dieses Stadium stimmt mit demjenigen der Zwitterblüte Fig. 3 a ganz überein, das gilt allerdings nur für den Längsschnitt, denn die Gesamtansicht Fig. III b ist dadurch wesentlich von Fig. 3 b verschieden, dass bei ihr nur 3, bei den anderen dagegen 5 Kronblätter angelegt werden.

Auf dem nächsten Stadium, Fig. IV, sind die Anlagen des Griffels und der Fruchtknotenhöhle zu sehen, die Antheren jedoch sind nicht dementsprechend in der Entwicklung vorgeschritten wie bei Fig. 4. Noch deutlicher tritt diese Differenz bei Fig. V hervor, wo die Antheren weit hinter dem Griffel in der Entwicklung zurückgeblieben sind.

Aus diesen ontogenetischen Untersuchungen folgt:

I. dass in den jungen weiblichen Zungenblüten von *Doronicum caucasicum* und *Chrysanthemum Leucanthemum* die Stamina in gleicher Weise wie bei den Zwitterblüten angelegt werden.

II. dass diese Antherenanlagen sich nur in den ersten Stadien normal entwickeln, während sie später im Wachstum zurückbleiben und zu keiner Ausbildung gelangen.

III. dass Anlagen zu den beiden hinteren Kronblättern nicht mehr gebildet werden.

An der Kronröhrenwand der erwachsenen Zungenblüte von *Chrysanthemum Leucanthemum* fand ich die Antherenanlagen in Form kleiner am unteren Ende angewachsener Stäbchen (Fig. 6). Bei *Doronicum caucasicum* waren diese Rudimente nicht mehr zu finden.

Die Beobachtung, dass die Randblüten im jugendlichen Alter den Zwitterblüten weit näher stehen, als später, ist schon mehrmals gemacht worden, ohne dass ihr weiter Gewicht beigelegt wurde. So hat Köhne gefunden, dass die Randblüten von *Senecio cordatus* in den ersten Stadien sich weder in Grösse noch Gestalt auffallend von den Mittelblüten unterscheiden. Blumenblätter und Staubblätter werden in ganz normaler Weise angelegt und erst später abortieren die Staubblätter und die beiden hinteren Kronblätter.

Payer (Pl. 134), der die Ontogenie von *Heliopsis scabra* vorzüglich dargestellt hat, erwähnt mit keinem Wort die merkwürdige Erscheinung, dass in den weiblichen Zungenblüten die Stamina ganz wie bei den Zwitterblüten angelegt werden. Die Species, die Payer untersuchte, ist insofern noch günstiger als *Chrysanthemum Leucanth.*, als bei ihren Randblüten alle 5 Kronblätter angelegt werden und erst auf einem späteren Stadium ein Stillstand im Wachstum der hinteren Kronblätter eintritt. Bis zu diesem Augenblicke ist es nicht möglich, die Zungenblüten von den Zwitterblüten zu unterscheiden.

Ich prüfte auch die weiblichen schmalröhrigen Dauerformen von *Leontopodium alp.* Das Resultat war hier ein negatives. Es fanden sich keine Spuren von Antherenanlagen. Es scheint, dass bei sehr weit differenzierten Blüten die zwittrigen Anlagen vollständig unterdrückt sind. Weitere Untersuchungen an verschiedenen Blütenformen könnten interessante Resultate über die Stabilität der einzelnen Blütenteile, über Correlationserscheinungen und über die Phylogenie ergeben.

Generalschema für die phylogenetische Blütenentwicklung.

Vorliegendes Schema[1]) bringt nichts principiell Neues, sondern hat den Zweck, durch eine graphische Darstellung einen Ueberblick zu geben über alle in den Schemata behandelten Blütenformen und ihre phylogenetische Entwicklung. Die Stammform, die zwittrige Röhrenblüte, ist an die Basis des Schema gestellt, alle übrigen Formen werden von ihr abgeleitet. Es konnten natürlich nur die wichtigsten Formen berücksichtigt werden, und jede der mit Buchstaben bezeichneten Blütenreihen unterscheidet sich von der vorhergehenden durch einen principiell verschiedenen Entwicklungsgang, oder sie ergänzt dieselbe durch neue Blütenformen, die sich da anschliessen, wo die Nachbarreihe in der Entwicklung stehen geblieben ist. Es wäre gewiss am praktischsten gewesen, wenn man von vorn herein als Beispiel die Species hätte nehmen können, deren Blüten am weitesten differenziert sind. Leider haben gerade diese selten alle Uebergangsformen konserviert und ihre Reihen bedürfen daher der Ergänzung durch jüngere Species (z. B. Reihe F und G). Jede Reihe repräsentiert Blüten, die derselben Species angehören. Da die meisten Reihen die Entwicklung rein weiblicher Blüten darstellen, versteht es sich von selbst, dass jede Species nicht nur diese Blüten aufweist, sondern auch zwittrige oder männliche besitzt, die in den einzelnen Reihen nicht erwähnt werden, weil es sich hier nicht um die Entwicklung der Geschlechterverteilung oder der Köpfchen handelt, sondern nur um die der Einzelblüten.

Lücken in den Entwicklungsreihen sind durch gestrichelte Linien angegeben, während einheitliche Linien die Formen verbinden, die von einander getrennt wurden, um sie auf gleiche Höhe mit den gleichen Formen anderer Reihen zu bringen. Diese Art der Darstellung zeigt am anschaulichsten, dass ein und dieselbe Blütenform auf den verschiedensten Wegen erzielt werden kann. Die

[1]) vide Tafel I.

Dauerformen sind mit roter, die Uebergangsformen mit schwarzer, die Antheren mit gelber Farbe angegeben. Die Zeichnungen sind schematisiert.

Reihe A

gilt der Entwicklung der zwittrigen Zungenblüten der *Cichoriaceen,* wie sie an *Hieracium barbatum* erläutert worden ist. A_1 Uebergang der Röhren- in die Zungenform, 5 Kronzipfel teilweise mit einander verwachsen, die Streckung der Zunge hat aber noch nicht begonnen. A_2 ist vollständige Zungenblüte.

Reihe B

stellt die wichtigsten Entwicklungsphasen von *Anthemis Cotula* dar, beginnend mit dem Uebergang zur weiblichen Blüte Figur B_1 und endigend mit der neutralen Form B_5. Alle 5 Kronzipfel sind an der Zungenbildung beteiligt.

Reihe C.

Nur 3 Zipfel sind zur Zunge verwachsen, während die beiden hinteren rudimentär werden: Figur C und C_2. Die Form C_4 ist die gleiche wie B_3 der anderen Reihe; sie unterscheidet sich von ihr nur durch das durchlaufene Lippenstadium. Diese beiden Entwicklungsreihen B und C veranschaulichen die im Schema VI geschilderten von einander abweichenden Entwicklungsmodi der weiblichen Zungenblüten. Nach Reihe C differenziert sich *Leucanthemum, Doronicum* u. a. Figur C und C_2 sind konstruiert.

Reihe D

ist bis auf die Endform vollständig hypothetisch. Es handelt sich hier um die randständigen Honigblüten von *Heterothalamus brunioides.* Der rudimentäre Griffel und die Zunge deuten darauf hin, dass diese Blüten einst weibliche Zungenblüten gewesen und zwar müssen sie sich nach Reihe C_1 entwickelt haben, da hie und da Oberlippenrudimente vorkommen.

Reihe E.

Die Entwicklung der randständigen Honigblüte von *Xeranthemum annuum* ist vollständig hypothetisch; da sie dem rudimentären Griffel nach einst weiblich gewesen und somit eine weitgehende Differenzierung erlitten hat, darf sie hier nicht übergangen werden.

Reihe F

ist in der Gattung *Gerbera* verwirklicht und spaltet sich in 2 Reihen a und b. F_1 bis F_4 a ist der Entwicklungsmodus von *Gerbera Wrightii,* F_1 bis F_6 b derjenige von *Gerbera viridifolia,* F_1 der Uebergang zur Lippenblüte; F_2 die lippige Dauerform wandelt sich links unter gleichzeitiger Modifikation der Antheren und der Krone in eine weibliche Zungenblüte um; rechts behält sie die Lippenform bei, während nur die Antheren zurückgehen. Die weibliche Lippenblüte F_4 b geht in die Zungenblüte F_6 b über. Diese Blüte entspricht vollständig derjenigen der Reihe C. Beide Blüten haben ein Lippenstadium durchlaufen; bei der einen, C_3, war es nur eine kurze Entwicklungsstation, bei der anderen, F_6 b, war es Dauerzustand gewesen. Bei *Gerbera viridifolia* sind keine Blüten ohne Lippenrudimente vorhanden, wohl aber bei *Anandria tomentosa,* einer verwandten Species, die in

Reihe G

dargestellt ist. Die zwittrige Lippenblüte G, ferner die Zungenblüte G_2, die mit F_6 b identisch ist, und die nahe Verwandtschaft berechtigen zu dem Schluss, dass *Anandria tomentosa* sich analog *Gerbera viridifolia* entwickelt hat. F_3 schliesst sich an Blüte G_2, also auch an F_6 b an, zeigt keine Rudimente der hinteren Kronzipfel mehr. Diese Blüte ist wiederum gleich C_3 und B_4 der vorhergehenden Reihen.

Reihe H

findet sich bei vielen Species der Gattung *Erigeron* z. B. bei *Erig. acer* und entwickelt sich in ihren ersten Formen aller Wahrscheinlichkeit nach analog Reihe J, die letzten Formen gehen nach G.

Zwischen der Urform und der weiblichen Dauerform H, fehlen die Uebergänge; es ist aber aus den schon angeführten Gründen anzunehmen, dass die Dauerform sich analog *Leontopodium* entwickelt habe. Die weibliche Blüte mit reducierter Krone geht in die Zungenblüte über, indem 3 vordere Kronzipfel sich strecken und mit einander verwachsen (Fig. H_2). Vollständige Zungenblüte ist H_3. Verschwinden noch die Rudimente der hinteren Kronzipfel, so resultiert Figur H_4, die von den drei übrigen auf gleicher Höhe stehenden Zungenblüten der Reihen B, C, G in nichts abweicht. Es ist hier die interessante Thatsache zu beobachten, dass auf 4 verschiedenen Entwicklungswegen ein und dieselbe Blütenform erreicht wird. Wenn Reihe F a sich noch weiter entwickeln würde, und es ist wahrscheinlich, dass innerhalb derselben oder einer anderen Species die Dauerform wirklich erreicht wird, so kommt noch ein fünfter Entwicklungsmodus hinzu.

Reihe J

die Entwicklung von *Leontopodium alp.* veranschaulichend, spaltet sich in 3 Nebenreihen. Reihe J, den Uebergang der Zwitterblüte in eine weibliche Blüte darstellend, führt zunächst zu 2 sehr ähnlichen Blütenreihen a und b, die sich nur dadurch unterscheiden, dass in der ersten die Zahl 5 der Kronzipfel konserviert wird, von J_1 a bis zur Dauerform J_3 a, während in der Reihe b, mit der Verschmälerung der Krone zugleich auch deren Kronzipfelzahl auf 3 herabsinkt. In den Schemata ist auf diese Differenz bei den weiblichen Blüten kein Gewicht gelegt, während hier die 5-Zipfligkeit der Dauerform wegen der analogen Entwicklung von *Erigeron* von Bedeutung ist. J_1 c und J_2 c sind die wichtigsten Formen der Honigblüten von *Leontopodium*. Zwischen diesen und der Reihe J b ist:

Reihe K

eingeschaltet. Von den 4 Blütenformen der Species *Haastia Sinclairii* sind 2, nämlich die Urform und die weibliche Dauerform K, identisch mit denen von *Leontopodium*. Die Entwicklung der weiblichen Blüten mit reducierten Kronen wird aber in dieser Reihe noch weiter fortgeführt. K_2 besitzt nur noch ein Rudiment der Krone, welche bei K_3 vollständig abortiert ist. Während auf der linken Seite der 4 auf gleicher Höhe stehenden Dauerformen in der Gattung *Erigeron* eine immer stärkere Ausbildung der reducierten Krone erstrebt und erreicht wird, geht auf der rechten Seite bei *Haastia* die Krone dem völligen Schwinden entgegen.

Reihe L

trägt einen völlig anderen Charakter und stellt die Entwicklung von *Centaurea Jacea* dar. Die 2 ersten Blüten sind nach Müller's Beschreibung, L_1 auch nach einer verwandten Cynaree: *Cirsium arvense* konstruiert. Sie ist ein Uebergang in die weibliche Röhrenblüte. Die Zwitterblüten der Cynareen sind eher strahlblütig als röhrenblütig; da Uebergänge dieser Formen bis jetzt nicht gefunden wurden und diese Differenzen auch nicht schwerwiegend sind, wurden sie im Schema übergangen. L_2, weibliche Strahlblüte, geht durch Reduktion des Griffels in L_3 und endlich in den geschlechtslosen Strahl L_4 über.

Reihe M.

Es handelte sich in den vorhergehenden 9 Reihen um die Entwicklung weiblicher oder neutraler Blüten, eine einzige Reihe gilt den männlichen Blüten. Der Grund liegt darin, dass die männlichen Blüten streng die Röhrenform der Zwitterblüten konservieren und einer sehr geringen Differenzierung unterworfen sind. Sie wandeln sich weder in Schauapparate noch in Honigblüten um. Die Reihe M ist in ihren Hauptformen bei allen monöcischen, andromonöcischen und andröcischen Compositen entwickelt. Die männlichen Blüten von *Leontopodium* oder *Anaphalis margaritacea*

sind typisch für diese Formen. M_1 mit reduciertem Ovulum und schwach geteiltem Griffel ist Uebergangsform. Bei M_2 ist das Ovulum gänzlich geschwunden und der Griffel vollständig Pollenbürste geworden. Die folgende Form M_3 zeigt keine Spur eines Fruchtknotens mehr.

Reihe N

Honigblüten von *Petasites albus*. N_1 mit rudimentärem Ovulum und noch geteiltem Griffel; N_2 ohne Ovulum und mit ungeteiltem, verkümmertem Griffel. Beide Blüten zeigen Antherenrudimente und eine stark entwickelte Drüse.

Von 13 Entwicklungsreihen haben 11 die Urform noch konserviert, bei einer Reihe (G) ist wohl noch die Zwitterblüte, aber nicht die röhrenförmige, sondern eine lippenförmige erhalten; eine Reihe (D) zeigte die Urform überhaupt nicht mehr. 6 Reihen haben die neutrale Blüte als Endform, 6 die weibliche; eine Reihe schliesst mit der rein männlichen Blüte und eine mit der Zwitterblüte (modificiert). Die grösste Entwicklungsfähigkeit zeigt sich in den weiblichen Reihen, die auf verschiedenem Wege viererlei Hauptformen erreichen: 1. weibliche Blüten mit vergrösserter Corolle; 2. mit verkleinerter Corolle; 3. neutrale Strahlblüten; 4. neutrale Honigblüten. Bemerkenswert ist, dass aus der Urform auf direktem Wege wohl neutrale Honigblüten, nie aber neutrale Strahlblüten hervorgehen, diese entwickeln sich immer nur aus weiblichen Blüten.

Aus der männlichen Reihe gehen keine weiteren Formen hervor.

Die Entwicklung der Geschlechterverteilung innerhalb der Köpfchen.

Die Schemata für die Entwicklung der Blütenköpfchen bei den Compositen haben gezeigt, dass die Verteilungsmöglichkeiten der Geschlechter innerhalb derselben Köpfchen eine sehr grosse ist, und dass ein und derselbe Modus auf verschiedenem Wege erreicht werden kann. Trotzdem lassen sich in der Menge der Formen strenge Gesetzmässigkeiten und bestimmte Entwicklungswege konstatieren. Die Compositen sind zum Studium der Geschlechtsverhältnisse ganz besonders geeignet, weil in jedem Köpfchen eine grosse Zahl Blüten vorhanden ist, und dadurch die Variationsmöglichkeiten ohne Gefahr für den Bestand des Individuums sehr gross sind. Es können beispielsweise in einem hermaphroditen Köpfchen die Randblüten variieren, während die Scheibenblüten intakt bleiben. Auf diese Weise riskiert das Individuum nichts. Erweisen sich die Veränderungen der Randblüten als günstig, so können dieselben oder auch andere Umwandlungen nun auch mit den Scheibenblüten vor sich gehen. Die verschiedenen Entwicklungswege dieser zwittrigen Köpfchen habe ich durch eine schematische Darstellung zu veranschaulichen versucht. (Siehe Schema Seite 53). Vom ursprünglichen Fall, dem Hermaphroditismus aus entwickelt sich das Köpfchen nach 2 Hauptreihen, einer männlichen und einer weiblichen. Die erste beginnt mit dem Männlichwerden der Randblüten (Andromonöcie I_1) und schliesst mit dem Männlichwerden sämtlicher Blüten (Andröcie I_2).) Sie kommt relativ selten vor. (In Verbindung mit Gynöcie *[Brachylaena dentata]*; mit Gynomonöcie *[Anaphalis yedoënsis]*; mit Andromonöcie und Gynöcie *[Ant. carpatica]*; mit Andromonöcie, Gynomonöcie und Gynöcie *[Ant. dioica]*; und mit anderen komplicierten Geschlechterverteilungen, aber nie allein mit Hermaphroditismus oder Andromonöcie). Sie ist auch nicht weiter entwicklungsfähig.

Die weibliche Hauptreihe beginnt mit dem Weiblichwerden der Randblüte (Gynomonöcie II) und zeigt von da aus eine fünffache verschiedene Weiterentwicklung:

a) Die einfachste führt durch das Weiblichwerden sämtlicher Blüten zur Gynöcie (a_1) und von hier *(Centaurea Jacea)* durch Neutralwerden der Randblüten noch einen Schritt weiter zur Agamogynöcie (a_2) mit centralstehenden weiblichen und randständigen neutralen Blüten *(Cent. Jacea)*.

b) Die zweite von der Gynomonöcie ausgehende Reihe kompliciert sich durch Auftreten einer männlichen Welle innerhalb der weiblichen; sie führt so zunächst zur Trimonöcie (b_1) und

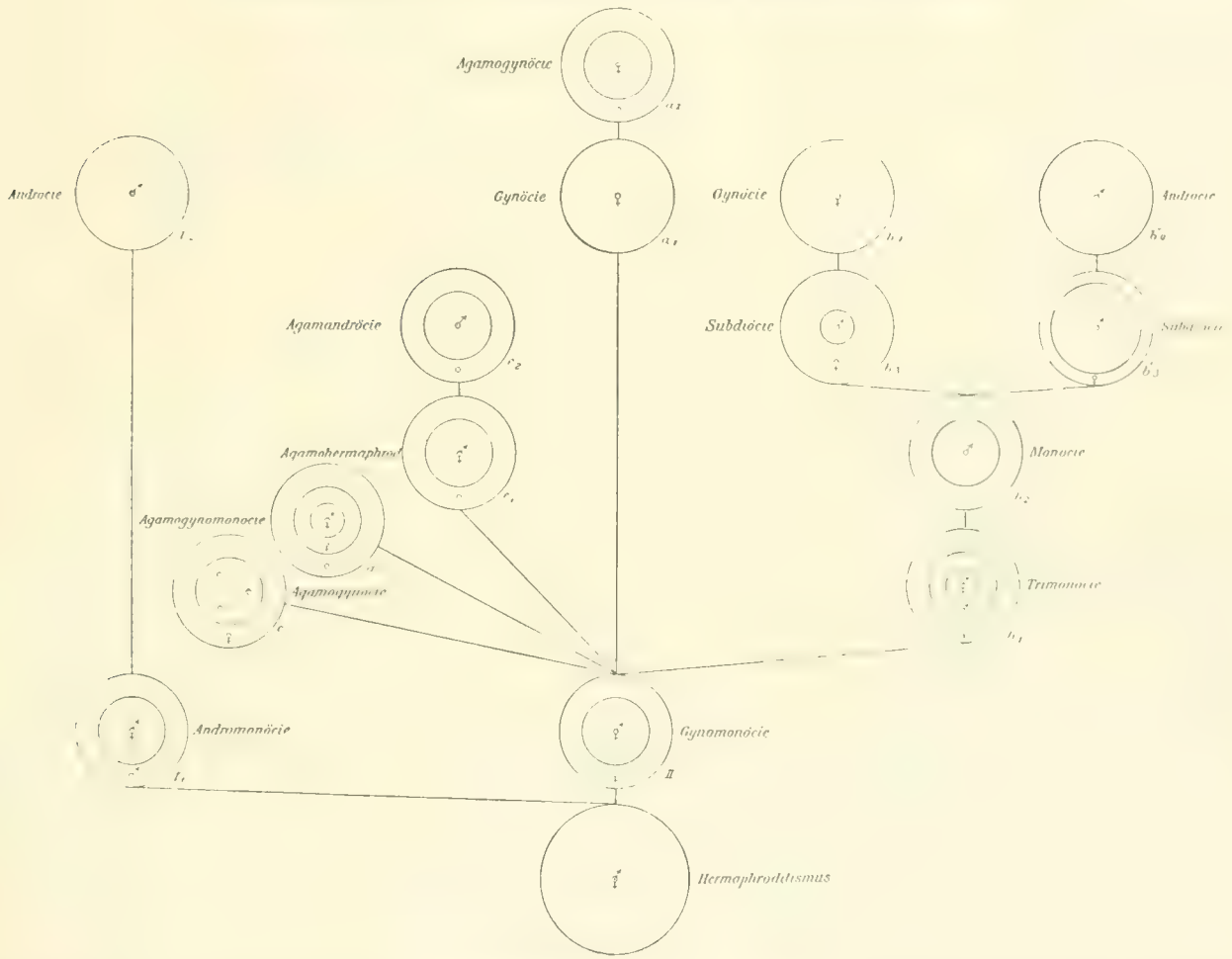
dann zur Monöcie (b_2); durch Ueberwiegen des einen oder anderen Geschlechtes (Subdiöcie, b_3 und b_1, b'_3) führt diese schliesslich zur Gynöcie und Andröcie (b_4 und b_1, b'_4 secundär). Beispiel: *Leontopodium alpinum.*

c, d und e sind durch Hinzutreten von neutralen Blüten ausgezeichnet:

c) Die neutrale Welle setzt innerhalb der weiblichen Blüte an. Im gynomonöcischen Köpfchen werden die Zwitterblüten neutral: (Agamogynöcie c *[Petasites]).*

d) Die neutrale Welle tritt im gynomonöcischen Köpfchen von aussen heran und verwandelt

Generalschema für die Geschlechterverteilung innerhalb der Köpfchen.



entweder nur die äusseren weiblichen Randblüten in neutrale Blüten: (Agamogynomonöcie d *[Anthemis cotula]),* oder

e) alle weiblichen Blüten (Agamohermaphroditismus e_1 *[Centaurea Jacea]);* oder endlich es werden noch die Zwitterblüten zu männlichen Blüten (Agamandröcie e_2 *[Cent. Jacea]).*

Gesetze:

1. Die weiblichen, männlichen und neutralen Entwicklungswellen schreiten acropetal vor.
2. Die weibliche Welle setzt stets an der Peripherie ein; wo beide (auch männliche) vor-

kommen, geht sie also ausnahmslos der männlichen voraus. (Andromonöcie führt nicht zur Monöcie, sondern nur zur Andröcie).

3. Die männliche Welle kann auch innerhalb rein weiblich gewordener Blütenkreise einsetzen: aus Gynomonöcie kann also Trimonöcie und Monöcie werden. Die Monöcie entsteht also ausschliesslich über die Gynomonöcie und enthält immer die männlichen Blüten im Centrum.

Kombinierte Geschlechterverteilung innerhalb der „Art".

Für die häufigsten Combinationen der Geschlechterverteilung existiert eine besondere Terminologie, sie ist jedoch, wie im Folgenden gezeigt werden wird, unzulänglich.

Wenn eine hermaphrodite Species sich zu differenzieren beginnt, liegt es nahe, dass nicht gleich sämtliche Individuen gleichzeitig sich umwandeln, sondern dass ein Teil der Individuen intakt, hermaphrodit, bleibt. Wird z. B. ein Teil gynomonöcisch, so existieren nebenbei auch noch hermaphrodite Exemplare. Nach Schulz (Loew I, pag. 379—381) sind diese Fälle häufig, ein Ausdruck für diese Geschlechterverteilung existiert jedoch nicht.

Die bekannten Combinationen sind folgende:

Gynodiöcie = Hermaphroditismus und Gynöcie.
Androdiöcie = „ und Andröcie.
(fehlt bei den Compositen.)
Diöcie = Gynöcie und Andröcie.
Triöcie = Hermaphroditismus und Gynöcie und Andröcie.
(Bei den Compos. immer nur in Verbindung mit anderen Geschlechterverteilungen.)
Tetröcie (viererlei Ind.) = Polygamie = Polymorphie = triöcische Polygamie etc.

Alle diese Ausdrücke sind sehr vag und werden in der Praxis auch nicht als genügend angesehen; denn, wenn eine Art als „tetröcisch" bezeichnet wird, werden trotzdem immer die einzelnen Modi der Geschlechterverteilung noch besonders angegeben, nach Individuen, oder in Combination oder gleichzeitig in beiderlei Form. Im Grunde genommen giebt es keine di-, tri- oder tetröcische Arten, weil die secundäre Diöcie nur nach Passieren anderer Geschlechterverteilungen möglich ist und von diesen in der Regel, wenigstens bei den Compositen, einige erhalten bleiben. Bei *Leontopodium alpinum* sind z. B. alle auf dem Schema der Köpfchen (Seite 53) angeführten Geschlechterverteilungen vorhanden, ausser dem Hermaphroditismus, dem Agamohermaphroditismus und der Agamandröcie.

Die bei den Compositen bis jetzt von mir konstatierten Combinationen in der Geschlechterverteilung sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt worden. Dass diese Tabelle nicht auf Vollständigkeit Anspruch machen kann, ist selbstverständlich.

Geschlechterverteilung nach Individuen und Zahl der geschlechtlich differenzierten Blütenformen innerhalb der Art.

I. Einerlei Individuen
  a) einerlei Blüten
    Hermaphroditismus 155 Arten
    Parthenogenesis[1]) *(Antennaria alpina)*
  b) Zweierlei Blüten
    α) ♀ ♀ Gynomonöcie 218 Arten
    β) ♀ ♂ Andromonöcie, fehlt
    γ) ♀ ♂ Monöcie 29 Arten
    δ) ♀ o Agamohermaphroditismus 13 Arten

[1]) Siehe Juel.

II. Zweierlei Individuen (Diöcie)
  a) zweierlei Blüten
    α) ♀' und ♀ Gynodiöcie 15 Arten
    β) ♀ und ♂ Diöcie 26 Arten
    γ) ♀' und ♂ Androdiöcie f e h l t
  b) dreierlei Blüten
    α) ♀' ♀ und ♂ ♀ *(Denecia capensis)*
    β) ♀' ♀ und ♂ *(Anaphalis yedoënsis)*
    γ) ♀' ♂ und ♀ *(Brachylaena discolor)*
    δ) ♀ und ♂ o *(Heterothalamus brunioides)*
III. Dreierlei Individuen (Triöcie)
  dreierlei Blüten
    α) ♀' ♂ + ♀ + ♂ *(Antennaria carpatica)*
    β) ♀' ♀ + ♀' o + ♂ ♀ o 2 Arten *(Anthemis)*
IV. Viererlei Individuen (Tetröcie)
  dreierlei Blüten
    α) ♀' ♀ + ♀' ♂ + ♀ + ♂ *(Antennaria dioica)*
V. Fünferlei Individuen (Pentöcie)
  α) ♀' + ♀' ♂ + ♂ + ♀' ♀ + ♂ o *(Anaphalis margaritacea)*
VI. Sechserlei Individuen (Hexöcie)
  a) viererlei Blüten
    α) ♀' + ♀' ♀ + ♀ + ♀' o + ♂ o + ♀ o *(Centaurea Jacea)*
VII. Siebenerlei Individuen (Heptöcie)
  α) ♀' + ♀' ♂ + ♂ + ♀' ♀ ♂ ♀ ♂ + ♂ o + ♀ o *(Petasites)*
VIII. Achterlei Individuen (Octoecie)
  α) ♀' ♂ + ♀' ♀ + ♀ ♂ + ♀' ♀ ♂ + ♀' ♀ o + ♀ + ♂ + ♀ o *(Leontopodium alpinum).*

Auch bei dieser Zusammenstellung sind keine Uebergänge berücksichtigt, mit Ausnahme der Trimonöcie. Dadurch wird eine Ungenauigkeit in der Darstellung der Geschlechtsverhältnisse bedingt; denn es existieren zwischen den einzelnen Formen so feine Uebergänge, dass bei der Entscheidung, ob ein Köpfchen zu dieser oder jener Gruppe gehört, Willkür kaum vermieden werden kann.

Die Tabelle zeigt 18 Combinationen in der Geschlechterverteilung; diese Zahl ist im Vergleich mit den möglichen Combinationen eine äusserst geringe. Denn rechnet man statt der 13 verschiedenen auf dem Schema der Köpfchen angegebenen Glieder nur mit 10, weil einige Combinationen, z. B. die Gynöcie mit der Agamogynöcie u. s. w. nicht möglich sind, so ergiebt eine Combination von 10 Gliedern von der 1 bis ➢ 10. Klasse über 1400 Combinationsmöglichkeiten.

Betrachtet man das Schema vom entwicklungsgeschichtlichen Standpunkt, so ist unverkennbar, dass die Entwicklung in der Richtung zur Diöcie hinstrebt; denn alle Reihen enden mit der Getrenntgeschlechtlichkeit. In den meisten Fällen wird die Diöcie auf primärem Wege erreicht.

Geschlechterverteilung nach Individuen resp. Köpfchen und Zahl der Blütenformen.[1])

A. Köpfchen mit einerlei Blüten.
  a) röhrenförmig
    1. ♀' *Vernonia*
    2. ♂ } *Leontopodium*
    3. ♀ }

[1]) Mit Berücksichtigung von Geschlecht und Form der Blüte.

b) lippenblütig
1. ♂ *Leuceria*
c) zungenblütig
1. ♂ *Hieracium.*

B. Köpfchen mit zweierlei Blüten.
a) röhrenförmig
1. ♂ ♀ *Gnaphalium*
2. ♂ ♂ } *Leontop.*
3. ♀ ♂ }
4. ♂ o *Xeranthemum*
5. ♀ o *Leontopodium*
6. ♂ o *Centaurea*
7. ♂ (♀ verkümmert) *Anaphalis*
b) röhrenförmig und strahlförmig oder zungenförmig
1. ♂R ♀Z *Senecio*
2. ♂R oZ *Anthemis*
3. ♂R oSt } *Centaurea*
4. ♂ oSt }
5. ♀ oSt }
6. ♂R ♂L *Plazia*
7. ♂R ♂Z *Hieracium*
8. ♂L ♀Z *Anandria*
9. ♂R ♀Z *Psiadia*

C. Köpfchen mit dreierlei Blüten.
a) röhrenförmig
1. ♂ ♂ ♀ } *Leontopodium*
2. ♂ ♀ o }
b) röhrenförmige und zungenblütige oder lippenblütige
1. ♂R ♀R ♀Z *Erigeron*
2. ♂R ♀Z oZ *Anthemis*
3. ♂R ♂L ♀Z } *Gerbera*
4. ♂L ♀L ♀Z }

D. Köpfchen mit viererlei Blüten.
♂R ♂L ♀L ♀Z *Anandria.*

Nach obiger Zusammenstellung ergeben sich 27 verschiedene Combinationen von Blütenformen innerhalb der Köpfchen. 19 Combinationen werden mit der Zwitterblüte gebildet, 16 mit weiblichen Blüten, 6 mit männlichen und 9 mit neutralen Blüten. Die männlichen Blüten sind also auch hier wieder am schwächsten vertreten.

Zusammenfassung der Gesetzmässigkeiten.

I. Sämmtliche bei den Compositen gefundenen 14 Blütenformen lassen sich von einer gemeinsamen Urform, der röhrenförmigen Zwitterblüte ableiten.

II. In einem jugendlichen Stadium lassen sich zwittrige Anlagen auch bei in erwachsenem Zustande rein weiblichen Blüten nachweisen.

III. Die weiblichen Blüten zeigen eine starke Modificationsfähigkeit, sowohl inbezug auf die Corolle als auf den Stempel.

IV. Bei den männlichen Blüten finden keine weiteren Modificationen statt.

V. Die neutralen Blüten gehen nur über das weibliche Stadium, nie direkt aus Zwitterblüten hervor.

VI. Eine Correlation in der Ausbildung der Organe lässt sich bei der phylogenetischen Blütenentwicklung nicht nachweisen.

VII. Ein und dieselbe Entwicklungsstufe kann auf verschiedenem Wege erreicht werden.

VIII. Entsprechend I. lassen sich auch sämmtliche Blütenköpfchen von einer gemeinsamen Form, dem zwittrigen Köpfchen, ableiten.

IX. Gemäss dieser Voraussetzung schreitet die phylogenetische Blütenentwicklung innerhalb eines Köpfchens stets in acropetaler Richtung fort.

X. Alle Blütenköpfchen eines Individuums erwiesen sich als gleich.

XI. Alle auf dem gleichen Blütenkreise befindlichen Blüten eines Köpfchens sind einander gleich oder nahezu gleich.

XII. Die am weitesten differenzierten Blüten eines Köpfchens stehen stets an der Peripherie.

XIII. Die weibliche Entwicklung beginnt ausnahmslos am Rande der Köpfchen; die männliche und neutrale Entwicklung kann sowohl an der Peripherie als auch innerhalb der weiblichen Randblüten ansetzen.

XIV. In monöcischen Köpfchen sind die weiblichen Blüten phylogenetisch älter als die männlichen, weil sie sich stets vor diesen entwickeln.

XV. Bei den Monöcisten und Diöcisten haben die weiblichen Blüten meist die Dauerform erreicht, wenn die männlichen Blüten sich noch in den ersten Entwicklungsstadien befinden.

XVI. Die geschlechtliche Differenzierung strebt bei den Compositen der Diclinie zu, die entweder über die Gynomonöcie und Andromonöcie oder über die Monöcie erreicht wird.

Allgemeiner Teil.

Monoclinie und Diclinie.

Es ist noch immer eine offene Frage, ob der Monoclinie (Vereintgeschlechtigkeit) oder der Diclinie (Getrenntgeschlechtigkeit) die Priorität gebührt. Wir haben bei den Compositen gesehen, dass von den Zwitterblüten zu den eingeschlechtigen eine vollständige Stufenleiter von Zwischenformen führt. Aehnliche, wenn auch weniger vollständige Entwicklungsreihen sind auch in anderen Familien beobachtet worden. Einige Autoren behaupten nun, dass man mit demselben Recht, mit dem man die Zwitterblüte als Ausgangspunkt der geschlechtlichen Differenzierung betrachtet, die eingeschlechtliche als die ursprüngliche ansehen könne. In diesem Falle wäre die Unisexualität primär und die männlichen und weiblichen Organe hätten sich allmählich in ein und derselben Blüte zu vereinigen gesucht und in der Zwitterblüte ihr Ziel erreicht.

Der Umstand, dass die meisten Kryptogamen getrenntgeschlechtlich sind, und dass die gamopetalen Phanerogamen, welche man für die höchst entwickelten hält, meistens zwittrig sind, hat wesentlich dazu beigetragen, dass man den Hermaphroditismus für eine secundäre Erscheinung hält. Lecoq (pag. 1248) und Delpino vertreten diese Ansicht. Auf dem entgegengesetzten Standpunkt steht Spruce (I pag. 826), er ist der Ueberzeugung, dass bei allen Pflanzen der Hermaphroditismus primär aufgetreten ist, und dass die Botaniker, vielleicht unbewusst, diese Ansicht teilen, denn er sagt: „The truth of the first proposition (nämlich die Priorität des Hermaphroditismus) is tacitly (perhaps unwittingly) concedet by botanists whenever they describe flowers as unisexual „by abortion“ thereby implying that the missing sex might or should be present: but they never describe such male or female flowers as incomplete by reason of their not having yet acquired the full complement of sexual organs.“ Bentham (I) findet, dass die Ableitung der Unisexualität vom Hermaphroditismus correct sein mag, aber nur durch äusserst wenige Beweise unterstützt werde. Eigentümlich ist Dammers Ansicht (pag. 1—6). Er teilt Lecoq's Meinung, dass das Princip im Entwicklungsgange der Phanerogamen auf Vereinigung der Geschlechter in einer Blüte zustrebe. Der monöcische Zustand ist nach ihm der älteste, aus ihm entwickelte sich einerseits die Diöcie, anderseits der Hermaphroditismus, welcher ihm die jüngere Form zu sein scheint. Die denkbar höchst entwickelte Form ist für ihn diejenige, bei der dichogame, heterostyle, hermaphrodite und dicline Blüten zusammenstehen, so dass Selbstbefruchtung vermieden, Bestäubung überhaupt aber gesichert ist. Andere Autoren, wie z. B. Darwin (III pag. 442) sehen in der Vorstellung, dass sich der Hermaphroditismus schon sehr früh im Pflanzenreiche entwickelt habe, und dass die Geschlechter nachträglich wieder getrennt worden seien, keine Schwierigkeit. Es handelt sich hier also um secundäre Diclinie im Gegensatz zu der primären, die Lecoq u. andere annehmen. Müller glaubt, dass die Zwitterblüten aus getrenntgeschlechtigen Windblüten ent-

standen, und dass ausnahmsweise einige dicline insectenblütige Pflanzen wie *Salix,* direct von den windblütigen abzuleiten seien. Aehnlich denkt Möwes, er ist aber der Ansicht, dass Pflanzen, deren männliche und weibliche Blüten ganz verschieden gebildet sind und keine Rudimente des anderen Geschlechtes zeigen, niemals zwittrig gewesen seien, während Pflanzen, wie z. B. *Rhamnus cathartica*, wo die männlichen und weiblichen Organe deutliche Rudimente des anderen Geschlechtes aufweisen, eine Wandlung aus Hermaphroditen durchgemacht haben. Diese Annahme von Möwes scheint mir unberechtigt; denn bei Pflanzen, deren Uebergang aus der Monoclinie in die Diclinie in einer zeitlich weit zurückliegenden Periode stattfand, sind, wie öfters bei den Compositen gezeigt worden, die Zwischenformen als die ungünstigeren schon verschwunden. Aus dem Fehlen der Rudimente von männlichen Organen bei weiblichen Blüten und umgekehrt, lässt sich also nicht der Schluss ziehen, dass diese überhaupt nicht existiert haben.

Bonnier (pag. 243) sieht die Frage der Priorität der Diclinie oder Monoclinie als unentschieden an, und auch Hildebrand (V pag. 13) erscheint nur bei den Compositen das Zwitterstadium positiv als das ursprüngliche. Eine Begründung für seine Behauptung sieht er darin, dass in der Entwicklung der Compositenblüte eben alles auf den Ursprung aus der Zwitterblüte hinweist. Das ist freilich wahr; aber man könnte hierauf, wie Bonnier und Delpino einwenden, dass die Entwicklung ebensogut im umgekehrten Sinne durchlaufen sein könnte. Gegen diesen Einwand sprechen aber folgende Erscheinungen:

Bei entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen stützen sich die Zoologen auf die Regel, dass in der Ontogenie in kurzen Etappen alle Stadien der phylogenetischen Entwicklung durchlaufen werden. Wendet man diese Regel auch auf die Compositen an, so ist man berechtigt, aus der Thatsache, dass auch bei in erwachsenem Zustande rein eingeschlechtigen Zungenblüten in den ersten Perioden der ontogenetischen Entwicklung alle Anlagen zur vollständigen Zwitterblüte vorhanden sind, den Schluss zu ziehen, dass die Stammform eine zweigeschlechtliche fünfzipflige Röhrenblüte gewesen.

Ferner erscheint es unverständlich, ja geradezu absurd, dass alle die mannigfaltigen Blütenformen der Compositen: die weiblichen, die neutralen Honig- und Strahlblüten, alle die Tendenz haben sollten, in die gleiche hermaphroditische Röhrenblüte überzugehen. Wie viel einleuchtender ist dagegen die Vorstellung, dass von demselben Punkte, der Urform, nach allen Richtungen divergierende Entwicklungsreihen ausgehen.

Ein weiteres Moment ist auch das Auftreten rudimentärer Organe. Wir können uns die Neubildung rudimentärer Staubfäden z. B. in einer weiblichen Blüte nicht erklären, weil sie der Pflanze von keinem Nutzen sein können; leicht verständlich dagegen ist das Auftreten dieser Rudimente, wenn man annimmt, dass sie im Verschwinden begriffene Reste früherer functionsfähiger Organe darstellen.

Obige Gründe zwingen zu der Annahme, dass bei den Compositen die Monoclinie als primär, die Diclinie als secundär anzusehen ist.

Phylogenetische Gesetze.

Nachdem im vorigen Kapitel der Beweis geliefert worden, dass für die Compositen die röhrenförmige Zwitterblüte die Urform ist, aus der sich alle übrigen complicierten Blütenformen entwickelt haben, ergeben sich aus dieser Thatsache verschiedene Schlussfolgerungen:

1. Die Entwicklungsfolge schreitet innerhalb eines Köpfchens stets acropetal fort. Betrachtet man ein gynomonöcisches Köpfchen, das noch Uebergänge zwischen den zwittrigen und weiblichen Blüten zeigt, so findet man ausnahmslos die Urform im Centrum, diejenige weibliche Blüte, die von der Urform am meisten abweicht, auf dem äussersten Blütenkreise, und die Uebergänge so angeordnet, dass die der Urform ähnlichsten ihr zugleich am nächsten stehen. Es folgt

hieraus, dass die Differenzierung am Rande des Köpfchens begonnen hat und allmählich dem Centrum zugeschritten ist. Die Reihenfolge der phylogenetischen Blütenentwicklung ist also eine acropetale. Mit diesem Princip stimmen auch folgende an den Köpfchen gemachten Beobachtungen überein:

a) Nie finden sich Zwitterblüten aussen, Eingeschlechtliche innen.
b) „ „ „ Röhrenblüten aussen, Strahlblüten innen.
c) „ „ „ Zwitterblüten aussen, Geschlechtslose innen.

Die phylogenetische Blütenentwicklung stimmt mit der ontogenetischen überein; denn auch die Anlage und das Aufblühen der Blüten erfolgt in acropetaler Reihenfolge. Auch Hildebrand erwähnt diese Thatsache, darum erscheint es merkwürdig, dass sowohl er in seinem Werk: „Die Geschlechtsverhältnisse der Compositen" als auch andere Autoren diese Thatsache doch immer wieder ausser acht lassen. So vermutet Hildebrand z. B., dass *Calendula fruticosa* Köpfchen haben könnte, wo die Randblüten weiblich, die centralen männlich und dazwischenliegende zwittrig seien. „Das Aufsuchen eines solchen interessanten Falles wäre sehr wünschenswert," fügt er hinzu. Nun kann man aber voraussagen, dass ein solcher Fall sich nicht finden kann, weil er dem Gesetze der acropetalen Entwicklungsfolge zuwider wäre. Die männlichen Blüten sind aus den zwittrigen hervorgegangen, sie werden daher peripherisch stehen, die Zwitterblüten central. Hildebrand war, wie er selbst sagt, kein Fall bekannt, wo bei einer Composite männliche und zwittrige Blüten in demselben Köpfchen vorkommen. Wenn er die Gelegenheit gehabt hätte, den Uebergang eines zwittrigen Köpfchens in ein männliches in allen Phasen zu verfolgen, so hätte ihn die Erfahrung gelehrt, dass das Gesetz der centripetalen Entwicklungsfolge ausnahmslos gültig ist.

II. Die Höhe der Differenzierung einer Blüte: Die Entscheidung, ob diese oder jene Blütenform höher differenziert[1]) ist, kann erst dann gefällt werden, wenn eine als Massstab dienende Grundform gefunden worden. Da bei den Compositen die röhrenförmige Zwitterblüte als Grundform gegeben, ist man berechtigt, diejenige Form als am weitesten differenziert zu bezeichnen, die von der Urform am meisten abweicht. Aehnlich drückt sich Nägeli aus (pag. 523), wenn er sagt, dass er für den höchsten Organismus denjenigen hält, dessen Organisation die grösste Anzahl von vorausgegangenen Entwicklungsstufen voraussetzt. Von diesem Standpunkte aus ist die weibliche Randblüte von *Haastia Sinclairii* z. B., die ausser der Drüse nur das Pistill konserviert hat, oder die neutrale Zungenblüte von *Anthemis* als weit höher differenziert als die Zwitterblüte zu betrachten, wenn sie auch dem Habitus nach primitiver aussieht. Gemäss der acropetalen Entwicklungsfolge findet man zu äusserst an der Peripherie eines Köpfchens immer die am weitesten fortgeschrittenen Blüten.

III. Da die Differenzierung immer mit den Randblüten beginnt, und da diese immer am weitesten fortgeschritten sind, so sind die weiblichen Blüten der Compositen phylogenetisch vor den männlichen Blüten und stets höher als diese entwickelt, denn:

Nie finden sich in einem Köpfchen männliche Blüten aussen, weibliche innen.

IV. Da sich in einem monöcischen Köpfchen die weiblichen Blüten stets vor den männlichen entwickeln, so sind sie phylogenetisch älter als diese.

Phylogenetisches Alter.

Die Compositen zeigen eine ausgeprägte Tendenz zur Diclinie; denn aus dem Schema für die Geschlechterverteilung ist zu ersehen, dass der Hermaphroditismus ihr auf primärem und secundärem Wege zustrebt. Es liegt nun nahe, die ausschliesslich diöcischen Species als die phylogenetisch ältesten zu bezeichnen und diejenigen, bei denen ausserdem noch Andro- oder Gynomonöcie oder Monöcie vorkommt, als jüngere anzusehen. Dagegen sprechen drei Gründe. Erstens können die

[1]) Der Ausdruck „differenziert" bedeutet hier ganz allgemein eine phylogenetische Weiterentwicklung, die bei den Compositen meist auf Reduction beruht. Gewöhnlich wird dieser Ausdruck im Sinne einer höheren Arbeitsteilung innerhalb derselben Blüte gebraucht.

Geschlechterverteilungen, die einen Uebergang zur Diöcie bilden, in einigen Fällen konserviert worden sein, weil sie sich in den betreffenden Verhältnissen als sehr günstig erwiesen. (Die Gynomonöcie und Monöcie z. B. scheinen in demselben Sinne Dauerformen in der Geschlechtsentwicklung zu bedeuten, wie etwa die schmalröhrige weibliche Randblüte in der Entwicklung der Einzelblüten.) Zweitens kann eine Species konservativer im Festhalten der Uebergangsformen als eine andere sein. (Es kann also die Differenzierung einer hermaphroditen Species gleichzeitig mit der einer anderen ansetzen, aber die eine ist aus inneren Ursachen imstande, eine schnellere Umwandlung als die andere zu erleiden.) Drittens kann bei einer für gewöhnlich rein eingeschlechtigen Art durch Aenderung des Standortes oder durch irgend welche andere Veranlassungen wieder eine frühere Entwicklungsphase hervorgebracht werden. So zeigte sich *Leontopodium alpinum* in den Alpen stets monöcisch, in die Ebene verpflanzt brachte es sogar wieder Zwitterblüten hervor. Es ist aber nicht möglich, zu unterscheiden, ob bei einer Species eine latente Entwicklungsstufe nachträglich entstanden, oder ob sie einen höheren Entwicklungsgrad überhaupt nicht erreicht hatte. Wenn auch die Höhe der geschlechtlichen Differenzierung nicht gestattet, auf das relative Alter zweier Species Schlüsse zu ziehen, so berechtigt sie dennoch zur Anwendung der Ausdrücke „jung“ und „alt“, wenn man mit ihnen nur den augenblicklich erreichten Entwicklungsgrad einer Species bezeichnet. So scheint es z. B. gerechtfertigt, *Carpesium divaricatum*, eine gynomonöcische Species, die central im Köpfchen Zwitterblüten und peripherisch nur Uebergänge zu weiblichen Blüten enthält, gegenüber *Carpesium cernuum*, mit rein weiblichen Randblüten „jung“ zu nennen.

Handelt es sich um Einzelblüten einer Species, so lässt sich in einigen Fällen auch deren relatives Alter bestimmen. Aus bereits angeführten Gründen ist man berechtigt, die weiblichen Blüten eines monöcischen Köpfchens als phylogenetisch älter als die männlichen anzusehen. Sind bei einer Art nur Uebergänge zu männlichen Blüten vorhanden, während die weiblichen nur in der extremen Form existieren, so ist es ebenfalls wahrscheinlich, dass ihre Entwicklung v o r derjenigen der männlichen Blüten begonnen hat.

Ist die Tendenz zur Reduction des männlichen Geschlechtes in Correlation zur Entwicklung des Schauapparates?

I. Verhalten bei den Compositen.

Man findet in der Litteratur die widersprechendsten Ansichten über die Abhängigkeit der Staubgefässe von den Kronblättern und umgekehrt. Eine Betrachtung der untersuchten Compositen von diesem Standpunkte aus ergab, dass sie für alle widersprechenden Meinungen der Autoren sowohl Beweise als Gegenbeweise liefern können. Zur Uebersicht über diese Verhältnisse mag eine Zusammenstellung dienen, die die Hauptfälle von Correlation oder Nichtcorrelation zwischen Corolle und Staubgefässen wiedergeben soll.

1. Schwinden der Staubgefässe o h n e Grössenveränderung der Corolle.
   Beispiele: *Cynareen: Cirsium, Onopordon, Echinops* etc.
2. Vergrösserung der Corolle o h n e S c h w i n d e n der Staubgefässe oder Pistille.
   Beispiele: *Mutisieen: Hemoianthus.*
   Cichorieen: Hieracium.
3. Schwinden der Staubgefässe mit V e r k l e i n e r u n g der Corolle.
   Beispiele: Gynomonöcisten: *Gnaphalium.*
   Monöcisten: *Clibadium, Iva.*
   Diöcisten: *Baccharis.*
4. Schwinden der Staubgefässe mit V e r g r ö s s e r u n g der Corolle.
   Beispiele: *Senecio, Tussilago.*

5. Schwinden der Staubgefässe und Schwinden der Corolle.
   Beispiele: *Haastia, Thespis.*
6. Schwinden der Staubgefässe und Pistille mit Vergrösserung der Corolle.
   Beispiele: *Anthemis, Helianthus.*
7. Schwinden der Staubgefässe mit Verkleinerung der Corolle und nachträglicher Vergrösserung.
   Beispiele: *Erigeron.*
8. Schwinden der Staubgefässe mit gleichzeitiger Vergrösserung der Corolle bei einigen Individuen und Verkleinerung bei andern derselben Species.
   Beispiele: *Centaurea Jacea.*

Aus diesen Beispielen ist ersichtlich, wie extrem verschieden sich die Corolle innerhalb derselben Familie zum Rudimentärwerden der Staubgefässe verhält. Bemerkenswert ist namentlich, dass nicht immer das Schwinden der Staubgefässe nach der Vergrösserung oder Verkleinerung der Corolle gleichzeitig stattfinden. Bei *Leontopodium alpinum* z. B. sind die Blüten schon rein weiblich geworden, und finden sich auch keine Rudimente von Antheren mehr, während die Reduction der Corolle noch gar nicht begonnen hat, sondern erst später und allmählich eintritt. Bei *Gerbera viridifolia* werden aus den zwittrigen Lippenblüten weibliche Blüten, ohne dass eine Kronveränderung eintritt. Erst bei den zu äusserst im Köpfchen stehenden Blüten lässt sich eine Vergrösserung der Corolle konstatieren.

II. Verhalten bei anderen Familien.

So wenig wie bei den Compositen kann in den übrigen Familien ein allgemeines Gesetz über die Correlation der Organe aufgestellt werden. Die Autoren scheinen in dem einen Punkte einig zu sein, dass überhaupt Beziehungen zwischen den Staubgefässen und der Corolle bestehen. Ueber die Art dieser Beziehungen jedoch herrscht die grösste Uneinigkeit. Die älteren Botaniker: Herbert, Schelver, Goethe betrachteten die Corolle als zum männlichen Teil der Blüte gehörig, weil sie die Basis und der Stoff sei, aus welchem die Entwicklung der Staubgefässe möglich werde. Schon Gärtner (I p. 66) widerlegte diese Ansicht indem er zeigte, dass nicht immer, wie nach obiger Behauptung zu erwarten, die Corolle der männlichen Blüten grösser sei als die der weiblichen.

Ein Beispiel hiefür sei *Lychnis vespertina,* bei der die Kronblätter bei den weiblichen Blüten grösser seien als bei den männlichen. Die späteren Botaniker diskutieren nicht mehr darüber, ob überhaupt ein Zusammenhang zwischen Kronblatt und Staubgefäss existiert, sondern ihre Meinungsverschiedenheiten beziehen sich hauptsächlich auf zwei Punkte, nämlich:

a) Ist die Veränderung der Corolle abhängig von einer vorhergehenden Affection der Staubgefässe, oder bedingt umgekehrt eine Affection des Kronblattes eine Aenderung der Staubgefässe?

b) Ist mit dem Rudimentärwerden der Staubgefässe eine Vergrösserung oder Verkleinerung der Corolle verbunden?

Was den ersten Punkt betrifft, so sagt Ludwig (VI p. 14—85), dass die Entwicklung der weiblichen Blüten in der Regel mit einer Reduction der Staubgefässe beginnt. Hierdurch wird erhöhte Fruchtbarkeit bedingt, auf deren Kosten dann endlich auch eine Reduction der Corolle folgt. Breitenbach (III pag. 206—207) erwiderte auf diese Ansicht Ludwigs folgendes: „Diese Behauptung mag für manche Fälle zutreffend sein, für manche dagegen ist sie ohne Zweifel nicht richtig. So fand ich beispielsweise kleine Blüten von *Nepeta cyanea,* welche nichtsdestoweniger doch völlig entwickelte Antheren besitzen. Hier war also zuerst eine Reduction der Corolle eingetreten. Dasselbe habe ich an einigen anderen Pflanzen beobachtet." Darwin (I p. 6) vermutet, dass auch bei den Compositen das Fehlschlagen der Staubgefässe eine Folge der Grössenveränderung der Corolle sei. Nach seiner Ansicht züchten die Insecten ein grosses Kronblatt heran, und infolge von Compensation werden die männlichen Organe rudimentär. Nun liefern aber gerade die Compositen zahlreiche Beispiele dafür, dass die Reduction der Staubgefässe einer Veränderung der Corolle

vorausgehen kann, oder es tritt, wie bei den Cichorieen, eine Vergrösserung der Corolle ein, ohne dass die Staubgefässe dabei rudimentär werden.

Auch nach Müller besteht ein enger Zusammenhang zwischen Corolle und Reproductionsorganen. Die Blumenkronen der männlichen Blüten vergrössern sich, wenn der Stempel verkümmert. In diesem Falle besteht also auch zwischen dem weiblichen Organ und der Corolle eine Correlation (pag. 141). Bei den zahlreichen gynodimorphen Pflanzen mit den kleinblütigen weiblichen Stöcken sollte man erwarten, dass die Corolle infolge der Reduction der Staubgefässe vergrössert würde; da nun gerade das Umgekehrte eintritt, nimmt man an, dass die für die Corolle und Staubgefässe bestimmten Säfte für eine Erhöhung der Fruchtbarkeit verwendet werden (pag. 236). Anderseits beweisen viele Compositen und auch einige Pflanzen aus andern Familien, wie z. B. *Capsella bursa pastoris*, die neben gewöhnlichen Zwitterblüten auch noch grössere weibliche Blüten besitzt, dass mit dem Schwinden der Staubgefässe auch eine Vergrösserung der Corolle vorkommen kann.

Zwischen Corolle und Staubgefässen bestehen nach Kerner (pag. 103 II) auch biologische Beziehungen. Die vergrösserte Corolle männlicher Blüten bildet nach ihm einen Schutz für den Pollen gegen Regen. Diese Theorie ist nach Darwin (I pag. 266) dadurch widerlegt, dass z. B. bei *Thymus* die abortierten Antheren der weiblichen Blüten besser gegen Regen geschützt sind als die vollkommenen der hermaphroditischen.

Die bei den Compositen weiter gemachten Beobachtungen, dass sich die Corolle in manchen Fällen den Veränderungen der Sexualorgane gegenüber passiv verhält, dass sie sich bei einigen Individuen vergrössern, bei anderen derselben Species verkleinern kann, lassen den Zusammenhang von Corolle und Sexualorganen doch nicht so „ursächlich" erscheinen, wie Darwin (I p. 6) und H. Müller annehmen. Das Verhalten der Compositen deutet unleugbar auf eine gegenseitige Unabhängigkeit der Corolle und Sexualorgane hin. Es ist wahrscheinlich, dass eine genauere Prüfung der Beziehungen von Geschlechtsorganen und Kronblättern auch in den anderen Pflanzenfamilien ähnliche Resultate wie bei den Compositen liefern würde.

Präponderanz* des weiblichen Geschlechtes bei den Phanerogamen.

I. Bei den Compositen.

Im Laufe der Untersuchungen über die Geschlechtsverhältnisse der Compositen erschien es auffallend, dass sich weitaus häufiger weibliche als männliche Blüten fanden. Waren bei einer Spezies beiderlei Blüten vorhanden, so zeigten die weiblichen doch häufig eine höhere Differenzierung, und oft liess sich auch eine phylogenetisch ältere Entwicklung bei ihnen nachweisen. Man hätte diese Erscheinung für eine rein zufällige halten können, allein nach der Entwerfung einer grösseren Anzahl von Schemata liess sich beinahe in jedem Falle von neuem das Uebergewicht des weiblichen Geschlechtes konstatieren. Die Thatsachen sprechen dafür, dass es sich hier um eine strenge Gesetzmässigkeit handelt. Bei der Besprechung der Schemata ist schon öfters auf diesen Punkt aufmerksam gemacht worden; trotzdem erscheint ein Durchgehen der Schemata von diesem Gesichtspunkte aus notwendig.

Die Species der Schemata I—III sind alle hermaphrodit und kommen nicht weiter in Betracht.

Schema IV, „ V, „ VI } zwittrige und weibliche Blüten, keine männlichen.

„ VII weibliche und männliche Blüten.

Die weiblichen Randblüten haben die Dauerform erreicht und zeigen keine Uebergangsformen, während die männlichen Blüten meist ihre volle Ausbildung noch nicht erlangt haben, es sind Uebergangsformen.

* Unter Präponderanz wird gewöhnlich ein numerisches Uebergewicht verstanden. Der Ausdruck ist hier aber auch in dem Sinne einer frühzeitigern phylogenetischen Entwicklung und einer höheren Differenzierung gebraucht.

Schema VIII verhält sich wie VII mit Ausnahme von *Antennaria dioica.*

„ IX zwittrige, weibliche und männliche Blüten vorhanden mit Uebergängen; in der monöcischen Reihe lässt sich jedoch die frühere Entwicklung des weiblichen Geschlechtes nachweisen.

„ X zwittrige, weibliche, männliche und verkümmerte Blüten.

In der monöcischen Reihe wurde festgestellt, dass die weiblichen Randblüten schon über ihr Dauerstadium hinaus dem Untergang entgegengehen, während die centralen Blüten oft erst einen Uebergang zu männlichen Blüten darstellen.

Schema XI zwittrige und weibliche Blüten, keine männlichen Blüten.

„ XII zwittrige, weibliche, männliche und neutrale Blüten. (Verhält sich in der monöcischen Reihe wie IX.)

„ XIII zwittrige, weibliche, männliche und neutrale Blüten.

Ueber das Uebergewicht des weiblichen Geschlechtes bei *Centaurea Jacea* ist schon an anderer Stelle gesprochen. Die sich hier anschliessende Gruppe der *Cirsieen* besitzt nur zwittrige und weibliche Blüten.

Ferner zeigt von den beiden Species des Anhangs die eine nur Zwitterblüten und solche, die über das weibliche Stadium hinaus sich zu neutralen Blüten entwickelt haben. Dasselbe gilt von den Randblüten der zweiten Species.

Aus diesen Betrachtungen resultiert, dass von den 13 Schemata und dem Anhang:

3 Schemata neutral sind,

4 „ nur zwittrige und weibliche Blüten zeigen, keine männlichen.

6 „ + Anhang neben anderen auch männliche Blüten zeigen; dass sich aber in allen Fällen die Präponderanz der weiblichen Blüten nachweisen lässt.

II. Bei den anderen Familien.

Nicht nur die Compositen zeigen ein Uebergewicht des weiblichen Geschlechtes über das männliche. Eine Umschau in der Litteratur lässt erkennen, dass auch in den anderen Familien die Gynomonöcie und Gynodiöcie sehr häufige Erscheinungen sind, während die Andromonöcie und Androdiöcie relativ selten sind. Es würde zu weit führen, wollte man hier die vielen bekannten Beispiele ausführlich erörtern, die obige Beobachtung begründen. Es haben sich besonders H. Müller, Ludwig, Mac Leod, Knuth, Schulz etc. um die Feststellung der Geschlechterverteilung bei zahlreichen Phanerogamen verdient gemacht. Zur Vergleichung der Häufigkeit des Auftretens von Gynomonöcie resp. Gynodiöcie einerseits und Andromonöcie resp. Androdiöcie andrerseits, mag hier eine Aufzählung der die betreffenden Beispiele liefernden Familien dienen.

Gynomonöcie, Gynodimorphie (kleinblumige weibliche Blüten neben grossblumigen Zwittern) und Gynodiöcie mit Uebergängen finden sich bei folgenden Familien und Unterfamilien:

Liliaceen	Oxalideen	Oleaceen
Amaryllidaceen	Thymeliaceen	Convolvulaceen
Polygonaceen	Crassulaceen	Polemoniaceen
Chenopodiaceen	Saxifragaceen	Borragineen
Alsineen	Malphigiaceen	Scrofulariaceen
Sileneen	Iridaceen	Plantagineen
Scleranthaceen	Gentianaceen	Labiaten
Ranunculaceen	Rosaceen	Rubiaceen
Cruciferen	Leguminosen	Caprifoliaceen
Cistineen	Onagraceen	Valerianaceen
Violaceen	Hippuridaceen	Dipsaceen.
Geraniaceen	Plumbaginaceen	

Der grösste Teil der hier angeführten Familien ist der Blütenbiologie von Knuth entnommen, nur die Violaceen, Oxalideen und Malphigiaceen, die dort nicht als gynomonöcisch oder gynodiöcisch bezeichnet waren, sind ausgenommen.

Andromonöcie und Androdiöcie sind bei folgenden Familien konstatiert:

Colchicaceen	Umbelliferen
Ulmaceen	Resedaceen
Hippocastanaceen	Rosaceen
Gramineen	Asparageen

Es zeigen also 34 Familien Fälle von Gynomonöcie und Gynodiöcie und nur 8 Familien Fälle von Andromonöcie und Androdiöcie. Bei den Sileneen, Rubiaceen, Chenopodiaceen und Plantagineen soll in seltenen Fällen auch Andromonöcie oder Androdiöcie vorkommen, ebenso treten bei den Rosaceen Species mit männlichen und andere mit weiblichen Blüten auf. Berücksichtigt man auch die Häufigkeit des Auftretens weiblicher oder männlicher Blüten in den betreffenden Familien, so zeigt es sich, dass Gynomonöcie und Gynodiöcie bei den Alsineen in 32 Fällen constatiert ist, bei den Sileneen in 15; häufig auch bei den Labiaten, Saxifragaceen etc. Andromonöcie und Androdiöcie dagegen kommen ausser bei den Umbelliferen nur in wenigen Fällen vor. Bei den Asparageen (Polygonatum) soll auch nur die Neigung zur Bildung männlicher Blüten vorhanden sein.

Darwin (I pag. 11) waren nur zwei Fälle von Andromonöcie bekannt, nämlich die von *Galium* und *Veratrum*. Er führt aber an, dass nach Lecoq auch *Caltha palustris* androdiöcisch sein soll: ihm selbst waren keine Beispiele von Androdiöcie bekannt, obgleich dieser Ausdruck, sowie auch die entsprechenden anderen, von ihm selbst stammen. Ueber die seltene Erscheinung der Androdiöcie drückt er sich folgendermassen aus: „Es möchte scheinen, als hielte es die Natur nicht für der Mühe wert, ein besonderes Individuum der Erzeugung von Pollen zu widmen, ausser wenn dies, wie bei diöcischen Species, unumgänglich notwendig ist.“

Bei der Untersuchung von *Asparagus officinalis,* einer triöcischen Pflanze, fiel es Breitenbach (I) auf, dass eine allmähliche Stufenleiter von den rein männlichen Stöcken zu den hermaphroditischen hinüberleitete, während er keine Zwischenformen zwischen den ausgeprägt weiblichen Blüten und den hermaphroditischen fand. Diese Beobachtung stimmt mit der von mir an den Compositen gemachten überein und deutet darauf hin, dass die Entwicklung der weiblichen Linie vor derjenigen der männlichen begonnen hat, und dass die Uebergangsstufen, als die weniger günstigen, sich nicht mehr erhalten haben.

Aus dem Ueberwiegen der Gynomonöcie und -diöcie vor der Andromonöcie und -diöcie könnte man schliessen, dass eine grössere Zahl weiblicher Blüten und Individuen für die Pflanze von grösserem Nutzen sei, wegen der vermehrten Fruchtlieferung. Aber hierauf könnte man die Frage aufwerfen, warum denn bei rein diöcischen Species ein Ueberwiegen der Zahl weiblicher Individuen nicht konstatiert worden ist? Heyer hat im Gegenteil an *Mercurialis annua* nachgewiesen, dass das Verhältnis der weiblichen zu den männlichen Individuen wie 100 : 105,86 sich verhält. Es zeigt sich hier also ein geringer Ueberschuss des männlichen Geschlechtes. Diese Thatsache ist schwierig zu erklären; denn man sollte denken, dass eine grössere Zahl weiblicher Pflanzen vorteilhafter sein müsse, da ja mit dem Pollen eines Individuums viele weibliche Exemplare befruchtet werden können. Heyers Versuche sind kaum anzuzweifeln, da er sie in riesigem Massstabe ausführte. Selbst Düsing greift Heyers Resultate an diöcischen Pflanzen nicht an, wenn er auch einwendet, dass man sie nicht auf alle Geschlechtsverhältnisse übertragen könne; denn nach ihm ist bei den streng diöcischen Pflanzen, die sogar secundäre Sexualcharactere aufweisen, das Geschlecht schon frühzeitig, wahrscheinlich schon im Samen, bestimmt, so dass äussere Einflüsse ohne Bedeutung sind. In einem anderen Kapitel komme ich auf diese Verhältnisse noch ausführlicher zu sprechen.

Welche Factoren beeinflussen das Geschlecht?

Ueber die Geschlechtsverhältnisse der Pflanzen und über die Factoren, welche die Entwicklung des männlichen und weiblichen Geschlechtes bedingen, ist bereits so viel geschrieben worden, dass hier nur einige Hauptmomente zur Besprechung kommen können. Es sind dies die Compensationserscheinungen und die äusseren Factoren. Zu letzteren gehören der Kampf um's Dasein, die natürliche Zuchtwahl und die äusseren Factoren im engeren Sinne, nämlich: Ernährung, Einfluss des Lichtes, der Feuchtigkeit etc. Von diesen äusseren Factoren sind innere unbekannte Ursachen, die ebenfalls einen Einfluss auf das Geschlecht haben können, untrennbar.

I. Compensation.

Schon bei der Besprechung von *Centaurea Jacea* ist erwähnt worden, dass die Autoren das Eingeschlechtlichwerden der Pflanzen und die Vergrösserung und Verkleinerung der Blumenkronen auf Compensationswirkungen zurückführen. Wie unsicher aber solche Erklärungsversuche sind, mögen einige Beispiele zeigen, nach denen die widersprechendsten Thatsachen von Autoren auf die gleiche Ursache zurückgeführt werden.

Nach Ludwig bedingt erhöhte Fruchtbarkeit einiger Zwitterblüten ein Rudimentärwerden der männlichen Organe, bisweilen auch der Corolle. Alle ersparten Säfte werden hier also für die Fructification verwendet. Ist dagegen ein Schwinden der Staubgefässe mit Vergrösserung der Corolle verbunden (Compositen), so heisst es, die für die Staubgefässe bestimmten Kräfte werden zur Vergrösserung des Schauapparates verwendet, und von der Fructification ist dann nicht mehr die Rede (Darwin, Hildebrand).

Bei den Andro-diöcisten und -monöcisten, sollte man annehmen, dass die männlichen Blüten, infolge der Reduction der weiblichen Organe, eine Vergrösserung zeigen; denn ersparte Säfte werden hier ja nicht für die Fructification verwendet. Statt dessen besitzen diese männlichen Blüten nach Müller (IV pag. 453) merklich kleinere Corollen als die zwittrigen. Wo bleibt hier die Compensation? Die beiden extrem verschiedenen Fälle bei *Centaurea Jacea,* wo einige Individuen Köpfchen mit Zwitterblüten und verkleinerten weiblichen Randblüten besitzen, die andern dagegen mit vergrösserten weiblichen Randblüten, erklärt H. Müller beide durch Compensation. In dem ersten Falle haben sowohl Staubfäden als Corolle zur Erhöhung der Fruchtbarkeit herhalten müssen, im zweiten dagegen sind die Säfte der Staubfäden zur Vergrösserung des Schauapparates verwendet worden. Da nun aber sowohl die verkleinerten als die vergrösserten weiblichen Randblüten fructificieren, so könnte Müller nur durch Zahlenbeweise seiner Ansicht Gültigkeit verschaffen.

Die *Cichorieen* beweisen, dass Vergrösserung eines Organes nicht notwendigerweise von Compensationserscheinungen begleitet zu sein braucht. Ein hierauf bezüglicher Ausspruch Darwins (II pag. 389), dass es kaum möglich ist, zwischen den mutmasslichen Wirkungen einer Compensation des Wachstums einerseits und lange fortgesetzter Zuchtwahl andrerseits zu unterscheiden, scheint sehr wahr zu sein.

II. Aeussere Factoren.

a) Natürliche Zuchtwahl und Kampf um's Dasein.

Im allgemeinen sind die Autoren darüber einig, dass Sicherung der Kreuzbefruchtung nicht die Veranlassung zum Eingeschlechtlichwerden der Hermaphroditen sein kann; denn die meisten sind schon Dichogamen, bevor das eine oder andere Geschlecht bei ihnen reduciert wird. Nach Müller, Hildebrand und anderen sind es aber doch wesentlich die Insecten, die die hermaphroditen Pflanzen in eingeschlechtliche umwandeln. Als Beispiel führe ich die Erklärung Müllers für das Weiblichwerden der kleinblütigen Stöcke der Gynodiöcisten an (VIII p. 25). Treten nach Müller grossblütige und kleinblütige zwittrige Stöcke neben einander auf, so werden die ersteren

eifrig von den Insecten besucht, die letzteren dagegen werden vernachlässigt. Sie werden zwar auch von den Insecten besucht, da sie aber zuletzt an die Reihe kommen „so ist ihr Pollen für die Fortpflanzung der Art nutzlos, eine Ersparnis desselben, eine Verkümmerung der Staubgefässe vorteilhaft, die Umbildung der kleinhülligen zwittrigen zu rein weiblichen Blüten beim Auftreten geeigneter Abänderungen daher unausbleiblich.“ Müller hat hier die Proterandristen im Auge und meint, bei gleichzeitigem Blühen der gross- und kleinblütigen Stöcke wäre der Pollen der letzteren schon untauglich geworden, wenn sie endlich von den Insecten besucht würden. Daher würden diese Stöcke aus Materialersparnis weiblich. Nun habe ich aber schon bei *Centaurea Jacea* darauf aufmerksam gemacht, dass es nicht denkbar ist, dass die Insecten, wenn gross- und kleinblütige Stöcke nebeneinander wachsen, systematisch alle auffallenden und dann die unansehnlicheren Blüten besuchen. Und wenn dies der Fall wäre, so würden sich die Verhältnisse für die Pflanzen sehr ungünstig gestalten; denn zuerst würden allerdings alle grossblütigen Hermaphroditen befruchtet, dann auch einige weibliche kleinblütige Stöcke mit dem Pollen der grossblütigen; aber damit wäre die Befruchtung auch zu Ende, und die grosse Mehrzahl der weiblichen Stöcke wäre nutzlos, da die Insecten ohne Pollen von einer Blüte zur anderen fliegen würden. Wachsen sie nun gar, wie Müller (VIII) später behauptet, an getrennten Standorten, so sind die Aussichten, befruchtet zu werden, für die kleinblütigen Stöcke noch ungünstigere. Auch Moore (I pag. 375—377) und Darwin (I pag. 265) bestreiten diese Blumentheorie Müllers, aber nicht deshalb, weil sie ihnen widersinnig erscheint, sondern weil jeder von ihnen eine andere Ursache für das Eingeschlechtlichwerden gefunden hat. Moore findet, dass einige wenige Blüten oder Individuen, die Pollen producieren, genügen, um eine grosse Zahl weiblicher Blüten zu befruchten, und dass deshalb einige Blüten sich die Pollenbildung ersparen können. Darwin dagegen glaubt, dass erhöhte Fruchtbarkeit einiger Blüten ein Rudimentärwerden von Staubfäden und Corolle zur Folge hat. Müller (V pag. 241) hat sich von Darwin überzeugen lassen und sich, wie er selbst später erwähnt, zu dessen Auffassung der Gynodiöcie bekannt.

Ludwig (VI pag. 232—233), Darwin (I) und Hildebrand (V) erwähnen als bekannte Thatsache, dass die Pollenbildung bei den Erstlingsblüten (d. h. den ersten im Frühling aufblühenden) der Proterandristen häufig ausbleibt, weil noch keine Narben da sind, die befruchtet werden könnten. Bei den letzten Herbstblüten dieser proterandrischen Dichogamen sollen die Pistille fehlschlagen, weil kein Pollen mehr da ist, um sie zu befruchten. Dieses Princip der Materialersparnis zeigt sich auch bei den Gynodiöcisten, indem bei diesen die Pistille der Erstlingsblüten und die Staubgefässe der Letztlingsblüten unentwickelt bleiben. Die Biologen sehen in dieser Erscheinung den ersten Schritt der dichogamischen Zwitter zur Diöcie. Nach Hildebrand (I pag. 89) sind die Randblüten der Compositen dadurch eben weiblich geworden, dass zuerst nur bei den randständigen Erstlingsblüten der Pollen fehlschlug; nachher aber wurde diese nützliche Eigentümlichkeit für die Randblüten eine bleibende Erscheinung, so dass sie schliesslich rein weiblich wurden. Diese Ersparnis-Theorie, die die Zwitter zur Diöcie führen soll, erscheint recht unglaubhaft; doch lassen sich gegen sie mehr Einwände als wirkliche Widerlegungen machen; denn die Angaben in der Litteratur sind spärlich und ungenau und eigene Beobachtungen fehlen. Der Pollen der ersten proterandrischen Blüte findet allerdings keine Narben zur Befruchtung vor und ist nutzlos. Es scheint mir aber, dass dadurch nichts geändert wird, dass der Pollen fehlschlägt; denn es entwickeln sich ja nun die Narben zuerst und finden keinen Pollen zur Befruchtung. Analog verhält es sich mit den Proterogynisten. Bleiben bei diesen die Narben der Erstlingsblüten unausgebildet, so wird der Pollen im darauffolgenden männlichen Stadium nutzlos gebildet; denn es sind keine Narben zum Befruchten da. Durch Fehlschlagen des Pollens bei den Erstlingsblüten der Proterandristen und durch Unterdrückung der Narben bei ihren Letztlingsblüten, werden die Verhältnisse der Proterogynisten hergestellt und umgekehrt. Uebrigens ist die verschwendete Menge Pollen, um die es sich hier handelt, eine äusserst geringe, da ja auch die Zahl der Erstlingsblüten gegenüber der Menge der folgenden eine verschwindend kleine ist.

Angenommen das Fehlschlagen der männlichen und weiblichen Organe sei wirklich zum Zwecke der Materialersparnis da, so könnten wir uns doch auf keine Weise vorstellen, wie die Pflanzen zu dieser nützlichen Anpassung gelangt sein könnten. Erklärlicher ist diese Erscheinung, wenn man, wie Delpino (II pag. 282) annimmt, dass das wechselweise Fehlschlagen der Geschlechtsorgane der Erstlings- und Letztlingsblüten bei sämmtlichen Individuen stattfindet, also nicht nur bei den ersten im Frühling und den letzten im Herbst aufblühenden. Weder durch Zuchtwahl noch durch den Kampf um's Dasein könnte man derartige nützliche Eigenschaften erklären, die sich nur auf einige wenige Individuen beziehen, und noch dazu nur bei solchen, die zufällig als die Ersten oder Letzten ihre Blüten entwickeln. Derartige nützliche Einrichtungen der Pflanzen und Tiere könnte nur die extremste teleologische Anschauungsweise erklärlich machen. Es scheint nicht unmöglich, dass die ungünstigeren Bedingungen, denen die im Frühling zuerst aufblühenden und die im Herbst zuletzt aufblühenden Blüten ausgesetzt sind, ein Verkümmern der Staubfäden, resp. der Pistille verursachen. Untersuchungen über diesen Punkt wären vielleicht lohnend.

b) Einfluss des Lichtes, der Feuchtigkeit, der Ernährung etc auf die Geschlechtsverhältnisse.

In diesem Kapitel handelt es sich um zwei Fragen:

1. Wirken äussere Factoren überhaupt bei der Entstehung der Eingeschlechtlichkeit mit?
2. Welche äusseren Factoren beeinflussen die Bildung des weiblichen und welche die des männlichen Geschlechtes?

Für die Compositen kommt für's Erste nur die erste Frage in Betracht; doch ist sie mit der zweiten eng verknüpft. Ausser Heyer, der nach seinen Beobachtungen an *Mercurialis annua* den Einfluss günstiger oder ungünstiger Lebensbedingungen auf das Geschlecht leugnet, neigen die meisten Autoren zu der Annahme, dass äussere Factoren die Entwicklung des Geschlechtes beeinflussen können. Zahlreich sind H. Müllers Beobachtungen in dieser Beziehung.

Die kleinblumigen Stöcke gynodiöcischer Pflanzen fand Müller häufig auf schlechterem Boden, getrennt von den grossblumigen. Müller schloss hieraus, nachdem er seine anfängliche Zuchtwahltheorie aufgegeben, dass durch ungünstige Verhältnisse die Staubgefässe leicht afficiert werden, und dass hieraus Eingeschlechtigkeit resultiert. Aber auch Verkümmerung des weiblichen Geschlechts kann durch verminderten Nahrungszufluss bedingt werden. *Anemone alpina*, *Geum reptans*, *Dryas octopetala*, sollen durch Verkümmern der Stempel alle Abstufungen von der Zwitterblütigkeit zur Andröcie darstellen. Auch Ludwig ist der Meinung, dass mangelhafter Nahrungszufluss Reduction der Staubfäden und der Corolle zur Folge haben kann. Müller beobachtete, dass zahlreiche Pflanzen, die in den Alpen zwittrig sind, mit proterandrischer Dichogamie, in der Ebene eingeschlechtig werden. *Aquilegia atrata* ist in den Alpen z. B. proterandrisch zwittrig, in der Ebene androdiöcisch; *Pulmonaria coerulea* zeigt, im Garten kultiviert, kleine weibliche Blüten neben den zwittrigen proterandrischen, in den Alpen dagegen nur letztere. Aehnliche Beispiele sind zahlreich. Müller führt diese Erscheinung darauf zurück, dass in den Alpen die Verhältnisse, d. h. die Beleuchtung, die Feuchtigkeit etc. günstiger sind als in der Ebene und dass infolgedessen die alpinen Pflanzen beide Geschlechter entwickeln können, während die in der Ebene wachsenden wegen mangelnder Nahrung nur ein Geschlecht jeweils hervorzubringen imstande sind. Diesem Standpunkt gegenüber lässt sich manches für und wider einwenden. Erstens behaupten manche Autoren, dass die alpinen Verhältnisse gerade sehr ungünstig seien, wegen der starken Temperaturwechsel und der kurzen Vegetationszeit. Vielleicht könnte man hier, im Gegensatz zu Müller, einwenden, dass gerade der ungünstigen alpinen Verhältnisse wegen die Pflanze zur grösseren Sicherung der Nachkommenschaft zwittrig ist. Zweitens zeigen *Leontopodium alpinum* und *Antennaria dioica*, dass Müllers Beobchtungen nicht allgemein gültig sind; denn diese beiden Gnaphalieen sind gerade in den Alpen monöcisch resp. diöcisch, in der Ebene dagegen treten Formen auf, die sowohl die Zwitterformen als alle Uebergänge zu diesen aufweisen. Bevor nicht zahlreiche und sorgfältige

Beobachtungen über diesen Punkt gemacht sind, lässt sich über die Factoren, die Hermaphroditismus oder Eingeschlechtigkeit bedingen, nichts Positives sagen.

Nach Gärtner (I pag. 116) zeigt sich eine Neigung zum Degenerieren der Staubfäden (Contabescenz) bereits im frühesten Entwicklungszustande eines Individuums, und äussere Einflüsse sind hierbei ohne Bedeutung. Gärtner stützt seine Behauptung auf seine Beobachtung, dass bei *Dianthus Caryophyllus, Silene inflata* und *viscosa* vollständige Unfruchtbarkeit mit der Contabescenz Hand in Hand gehen kann. Möwes (pag. 208) nimmt diesen extremen Ansichten von Müller und Gärtner gegenüber eine vermittelnde Stellung ein, indem er behauptet, dass äussere Einflüsse immerhin den ersten Anstoss zur Entstehung der Gynodiöcie geben können; dass die Pflanze dann aber vermöge der ihr innewohnenden Neigung zum Weiblichwerden diese Eigenschaft festhalten und weiter vererben kann.

Auch über die zweite Frage, welche Einflüsse die Bildung des weiblichen oder männlichen Geschlechtes bedingen, herrschen widersprechende Ansichten. Hoffmann (VI) stellte Versuche mit *Mercurialis annua, Lychnis dioica, Rumex* etc. an, und fand, dass bei dichter Aussaat, also bei mangelhafter Ernährung, die Zahl der männlichen Blüten in der Regel um das doppelte gesteigert wird. Hoffmann ist der Meinung, dass schlechte Ernährung die Hauptursache zur Bildung des männlichen Geschlechtes ist. Männliche Individuen sind nach ihm Kümmerlinge. Heyers Beobachtungen stehen im schroffen Gegensatz zu denen Hoffmanns. Seine in grossem Massstabe ausgeführten Beobachtungen (er operierte mit über 20000 Exemplaren, Hoffmann nur mit einigen Hundert) zeigten, dass *Mercurialis annua* unter allen Umständen dasselbe Sexualverhältnis, nämlich 105.8 männliche Blüten zu 100 weiblichen aufweise. Die Regulierung dieses konstanten Sexualverhältnisses schreibt er unbekannten Ursachen zu. Düsing (I) der gerade diese unbekannten Ursachen erforscht zu haben glaubt, macht Heyer zum Vorwurf, dass er als Versuchsobject eine streng diöcische Pflanze gewählt, bei der voraussichtlich das Geschlecht und die secundären Sexualcharactere schon sehr früh, im Samen bestimmt sind. Heyer hätte, nach Düsings Ansicht, das Geschlecht der Samen untersuchen sollen, die von den verschiedensten Lebensverhältnissen ausgesetzten Mutterpflanzen stammen und nicht die erzeugenden Pflanzen selbst. Die Ernährung des Embryo ist nach Düsing von grossem Einfluss auf sein Geschlecht.

Es würde zu weit führen, hier alle Factoren anzugeben, die bestimmend auf die Geschlechtsentwicklung einwirken sollen. Düsing führt zahlreiche Versuche anderer Forscher an, die alle zu Gunsten seiner Theorie ausgefallen sind. Auch an den niederen Pflanzen beobachteten Klebs, Prantl, Pfeffer u. s. w., dass das männliche Geschlecht sich vorzugsweise unter ungünstigen Bedingungen, das weibliche dagegen unter günstigen entwickle.

Zur Beobachtung, ob äussere Factoren von Einfluss auf die Geschlechtsverhältnisse der Pflanzen sind, scheinen mir die Gnaphalieen, speciell *Leontopodium alpinum* günstige Versuchsobjecte zu sein. Man könnte z. B. die Samen alpiner monöcischer Stöcke in der Ebene aussäen und beobachten, ob überhaupt Veränderungen in den Geschlechtsverhältnissen eintreten, ferner wann sie eintreten. Auch die Umsetzung ganzer Pflanzen könnte zu einem Ergebnis führen.

Individuelle Vererbungsfähigkeit der Compositenblüten.

Betrachtet man ein Blütenköpfchen von *Heterothalamus brunioides*, das central männliche Blüten und peripherisch Honigblüten besitzt, die früher weibliche Zungenblüten gewesen, so kommt man leicht auf die Frage, wie sich eigentlich die Reduction der weiblichen Organe und die immer stärkere Ausbildung der Honigdrüse von einem Individuum zum andern vererbt hat. So lange die Randblüten noch imstande waren, Samen zu producieren, war es leicht verständlich, wie die Tendenz zur Reduction der Corolle und zur Ausbildung der Drüse übertragen wurde. Von dem Augenblicke an, wo die Randblüten infolge der Verkümmerung der weiblichen Organe nicht mehr fructificieren

konnten, muss jeder Schritt zur weiteren Ausbildung der Honigblüte durch den Pollen der centralen Blüten auf die weiblichen Individuen übertragen worden sein. In diesem Falle haben wir die Summe der Einzelblüten eines Compositenköpfchens einer einzigen grossen Blüte gleichzusetzen und die Honigblüten wären dann den Honigdrüsen, also den Organen einer Gesammtblüte, gleichzusetzen. Man wird hier einwenden, die Einzelblüten einer Composite gehörten ja ein und demselben Individuum an und infolgedessen sei es ganz natürlich, dass jede Blüte auch die Eigenschaften ihrer Nachbarblüten repräsentieren könne. Gegen diesen Einwand spricht der Versuch Darwins (II pag. 197) an der Aster. Die zu äusserst im Köpfchen stehenden weiblichen Blüten haben stärker entwickelte Zungen als die mehr central stehenden. Der Samen der ersteren ergab eine grössere Zahl gefüllter Individuen als der der letzteren. Es geht aus diesem Versuche hervor, dass den Einzelblüten der Compositen doch eine gewisse individuelle Vererbungsfähigkeit innewohnt. Wie weit der individuelle Charakter der Compositenblüte reicht, könnten erst weitere, sorgfältige Beobachtungen feststellen. Für diese Untersuchungen als Versuchsobjecte sehr geeignet scheinen mir: *Leontopodium alpinum* und *Antennaria dioica*, die beide eine grosse Zahl verschiedener weiblicher Blüten aufweisen. Auch *Erigeron* mit den schmalröhrigen weiblichen Blüten und allen Uebergängen zu den Zungenblüten, wäre für den Versuch passend, ebenso die Gattung *Gerbera*, durch ihre mannigfaltigen Formen zwittriger und weiblicher Blüten auf demselben Individuum. Die Samen müssten den verschiedenen Blütenkreisen entnommen und gesondert zur Aussaat gebracht werden. Die Resultate dieser Beobachtungen könnten sowohl für die Frage der Individualität der Blüten als für die der Vererbung von Interesse sein.

Schluss.

Sowohl die vergleichenden als auch die ontogenetischen Untersuchungen dieser Arbeit haben zu dem Resultate geführt, dass für die Compositen die Monoclinie als primär, die Diclinie als secundär anzunehmen ist. Der diöcische Zustand wird von den hermaphroditen Stöcken auf verschiedenem Wege erreicht; die Monöcie im engeren und weiteren Sinne wird im Laufe dieser Entwicklung als Durchgangsstadium passiert. Die Differenzierung schreitet innerhalb eines Köpfchens stets in acropetaler Richtung vor, es sind also die peripherischen Blüten immer die am weitesten entwickelten. Diesem Gesetze entspricht die Thatsache, dass sich in einem Köpfchen nie Zwitterblüten aussen und eingeschlechtliche Blüten innen finden lassen, ebenso stehen niemals Röhrenblüten aussen und Strahlblüten innen. Da auch in monöcischen Köpfchen die weiblichen Blüten stets die Peripherie, die männlichen das Centrum einnehmen, folgt hieraus, dass die weiblichen Blüten phylogenetisch älter als die männlichen sind. Im allgemeinen jedoch lassen sich weder bei einzelnen Köpfchen resp. Individuen, noch bei Species, aus der Zahl der vorhandenen Uebergangsformen oder aus der Höhe der augenblicklich erlangten Differenzierung Schlüsse auf das phylogenetische Alter ziehen, denn es können äussere Factoren eine schon überwundene Entwicklungsstufe wieder hervorrufen, oder eine Uebergangsform bleibt erhalten, weil sie sich als zweckmässig erweist.

Die phylogenetische Blütenentwicklung der Compositen lässt keinerlei Beziehungen zwischen Kronblatt und Sexualorganen erkennen. Während des Rudimentärwerdens der Antheren findet bei einigen Species eine Vergrösserung, bei anderen eine Verkleinerung der Corolle statt; wieder bei anderen verhält sie sich passiv. Auch bei den anderen Pflanzenfamilien haben Untersuchungen über Correlationserscheinungen zu keinem sicheren Ergebnis geführt.

Die Reduction der Sexualorgane beginnt stets mit dem männlichen Theil der Blüte, der Stempel ist also stabiler als die Antheren. Diese Präponderanz des weiblichen Geschlechtes ist eine zweifache; denn nicht nur, dass die Entwicklung der weiblichen Blüten zeitlich vor derjenigen der männlichen beginnt, sondern sie erreicht auch höhere und mannigfaltigere Formen. Auch in numerischer Hinsicht zeigt sich das Uebergewicht der weiblichen Blüten. Die Gynodiöcie und besonders die Gynomonöcie ist am verbreitetsten, während die Andromonöcie nur als Durchgangsstadium bei Species vorkommt, deren weibliche Linie schon die Dauerform erreicht hat. Die Androdiöcie kommt überhaupt nicht vor. Nicht nur bei den Compositen, sondern auch in den andern Familien zeigt sich das Vorherrschen weiblicher Formen. Ausgenommen sind die diöcischen Pflanzen, bei denen das Verhältnis der Geschlechter ein konstantes sein soll (mit geringem Ueberschuss des männlichen Geschlechtes). Ueber die Ursachen, die die Bildung des einen oder anderen Geschlechtes beeinflussen, weiss man noch nichts Gewisses. Durch Compensation lassen sich die widersprechendsten Erscheinungen erklären; ebenso lassen sich gegen die Annahme des Einflusses äusserer Factoren auf das Geschlecht viele Einwände machen. Die Compositen, durch die Verhältnisse ihres Blütenstandes und durch ihre Modificationsfähigkeit in Bezug auf die Geschlechtsverhältnisse, scheinen für derartige Untersuchungen geeignete Versuchsobjecte zu sein, ebenso könnten sie interessante Resultate über die individuelle Vererbungsfähigkeit der Einzelblüten liefern.

Verzeichnis der untersuchten Species.

Die römischen Zahlen verweisen auf die zugehörigen Schemata.

Achyrocline satureioides DC.	IV.
.. Schimperi Sch. Bip.	..
.. sclerochlaena	..
Acroclinium roseum Hook.	I.
Adenostyles albifrons Reichb.	..
Ageratum ozymoides L.	..
Ammobium alatum Br.	..
Amphereplis aristata Roj.	..
Amphidoxa gnaphalodes DC.	..
Anandria tomentosa Siegesb.	XI.
.. bellidiastrum DC.	..
Anaphalis japonica Max.	IV.
.. araneosa DC.	..
.. aristata DC.	..
.. linearis DC.	..
.. nubigena DC.	..
.. oblonga DC.	..
„ Wightiana DC.	..
.. margaritacea Br.	X.
„ yedoensis Max.	..
Anaxeton arborescens Less.	VII.
Angianthus humifusus Benth.	I.
Antennaria margaritacea Br.	IV.
.. javanica DC.	..
.. tenella DC.	..
.. dioica Gärtn.	VIII.
.. .. var. congesta DC.	..
.. japonica Sch. Bip.	..
.. magellanica „	..
„ monocephala DC.	..
„ racemosa Hook.	..
.. luzuloides Torr.	„
.. Steetziana Turcz.	..
.. alpina Gärtn.	..
Anthemis Cotula L.	VI.
„ nobilis L.	..
Aplopappus ericoides DC.	I.
Aposeris foetida Less.	III.
Arnoseris minima Link.	..
Aronicum Clusii L	VI.
Artemisia glacialis L.	IV.
.. absinthium L.	..
.. Mutellina Vill.	..
.. Abrotanum L.	..
.. campestris L.	..
„ nana Gaud.	..
Athanasia crithmifolia L.	I.
Baccharis umbelliformis DC.	VIII.
„ magellanica Pers.	..
„ ferruginea Less.	..
Baltimora recta L.	VII.
Bigelowia nudata DC.	I.
Blumea lacera DC.	IV.
.. glandulosa DC.	..
.. oxyodonta DC.	..
Bothriocline Schimperi Oliv.	I.
Brachylaena discolor DC.	VIII.
„ elliptica Less.	..
„ nereifolia Br.	V.
„ dentata DC.	..
Caesulia axillaris Roxb.	I.
Calendula officinalis L.	VII.
„ „ var. alpestris	..
Calocephalus lacteus Less.	I.
Carpesium cernuum L.	IV.
.. divaricatum S. Z.	„
„ glossophyllum Max.	..
„ nepalense Less.	..

Carpesium abrotanoides L. IV.
Cassinia aculeata Br. I.
„ denticulata Br. ..
„ spectabilis Br. ..
.. fulvida Hook. ..
Catananche coerulea L. III.
Centaurea Jacea L. XIII.
.. amara L. ..
„ Gaudinii Boiss. & Reut. ..
.. transalpina Schl. ..
.. rhaetica Moritzi. ..
„ pratensis Thuill. ..
„ nigrescens Willd. ..
.. nigra L. ..
.. nervosa Willd. ..
.. phrygia L. ..
.. Cyanus L. ..
.. montana L. ..
Cephalipterum Drummondii Gray I.
Chevreulia stolonifera Cass. IV.
Chiliocephalum Schimperi Benth. „
Chionolaena arbuscula DC. VII.
Chondrilla juncea L. III.
Chaenactis Douglasii Hook. I.
Chrysophtalmum montanum Boiss. „
Chrysanthemum Leucanth. L. VI.
Cichorium intybus L. III.
Cirsium, 32 Species vide XIII.
Clibadium Armani Sch. Bip. VII.
.. arboreum DC. ..
Conyza Roylei DC. IV.
.. macrophylla Spreng. „
.. lacera Burm. f. ..
„ pinnatifida Less. ..
.. pinnatilobata DC. ..
.. pyrrhopappa Sch. Bip. ..
.. rubularis Gaud. ..
.. saxatilis L. ..
.. scabrida DC. ..
„ Sprengelii Sch. Bip. ..
.. stricta Wall. ..
.. arguta Less. ..
.. umbrosa H. B. K. .
„ veronicaefolia Wall. ..
„ viscidula Wall. ..
„ Yungasensis Insbg. „
. rufa Wall. VII.
„ Steudelii Sch. Bip. ..
„ verbascifolia Willd. ..
Conyza stricta Willd. VII.
Crepis biennis L. III.
„ tectorum L. ..
.. virens L. ..
„ paludosa Mönch. ..
Denecia capensis Thunb. VII.
Desmanthodium lanceol. Gresmann ..
Dimorpholepis australis Gray I.
Doronicum caucasicum Bieb. VI.
Echinops spaerocephalus L. XIII.
Erigeron alpinus L. IV.
.. acris L. .
.. canadensis L. ..
„ angulosus Gaud. ..
.. Villarsii Bellard. ..
neglectus Kern. ..
.. pazensis Sch Bip. .
podolicus Bess. ..
. Poeppigii DC. ..
.. Schleicherii Gremli. ..
. glabratus Hoppe u. Horn. ..
.. uniflorus L. ..
sophiaefolius H. B. K. ..
.. spatulatus V. ..
.. andicola DC. ..
.. armeriaefolius Turcz. .
.. Philadelphicus L. ..
.. poliospermus Gray. .
.. purpureus A. ..
.. scaposus DC. ..
.. Utahensis Gray. .
Eriosphaera coriacea DC. .
Ethulia conyzoides L. I.
.. angustifolia H. B. & K. ..
.. gracilis Delile. ..
. Rüppelii Hochst. ..
Eupatorium cannabinum L. ..
Facelis apiculata Cass. IV.
Filago canescens Jord. ..
. apiculata Sm. ..
.. spatulata Presl. ..
.. arvensis L. ..
Gerbera viridifolia Sch. Bip. XI.
.. piloselloides Cass. ..
.. Wrightii Harv. ..
.. asplenifolia Spr. .
„ Burmanni Cass. ..
„ ferruginea DC. ..
. natalensis Sch. B. .

Gnaphalium lanatum Forst. I.
„ acuminatum Link. „
„ plantagineum DC. VIII.
„ cinnamomeum DC. „
„ contortum DC. „
Gnaphalium 96 Species vide IV.
Gnaphalodes uliginosum Gray. I.
Gnephosis arachnoidea Link. „
Guardiola atriplicifolia Gray VII.
„ mexicana H. & B. „
Gundelia Tournefortii L. I.
Gymnocoronis subcordata DC. I.
Haastia Sinclairii Hook f. IV.
Helichrysum allioides Less. I.
„ angustifolium DC. „
„ crassifolium D. Don. „
„ arenarium DC. „
„ „ stenoph. Br. „
„ argenteum Thunbg. „
„ armenuum DC. „
„ hebelepis DC. „
„ horridum Sch. Bip. „
„ intermedium Less. „
„ lacteum DC. „
„ Lambertianum DC. „
„ serpyllifolium Less. IV.
„ spatulatum Mönch. „
„ Sprengelii Hook. „
„ graveolens Sweet. „
„ adnatum Benth. „
„ ambiguum Turcz. „
„ amorginum Boiss. „
„ apiculatum D. Don. „
„ teretifolium Less. „
„ imbricatum Less. „
„ Hochstetteri Hook. f. „
„ antennarium F. Mill „
Helipterum speciosiss. DC. I.
„ canescens DC. „
„ gnaphaloides DC. „
„ filiforme DC. „
„ anthemoides DC. „
Heliopsis scabra Dun. VI.
Heterothalamus brunioides Less. XIII.
Hieracium alpinum L. III.
„ glanduliferum Hoppe „
„ pilosella L. „
„ auricula auct. „
„ barbatum Tausch. „
Hieracium rhaeticum Fr. III.
„ tubulosum Tausch. „
„ inapertum W. G. „
„ piliferum Hoppe „
„ ustulatum Arv. „
„ armerioides Arv. „
„ cirritum Arv. „
„ fulginatum Huter „
„ murorum auct. „
„ brachiatum Bert. „
Hymenopappus luteus Nutt. I.
Hypochoeris radicata L. III.
„ glabra L. „
„ uniflora Vill. „
Homogyne alpina L. IV.
Homoianthus squarrosus DC. II.
Humea elegans Sm. I.
Jaumea linearifolia DC. I.
Ifloga Fontanesii Cass. „
Iva frutescens L. VII.
Ixodea achilleoides R. Br. I.
Ixiolaena tomentosa Sond. „
„ chrysantha Steetz. „
Kentrophyllum lanatum DC. XIII.
Lactuca perennis L. III.
„ sativa L. „
Lagascea mollis Cav. I.
Lampsana communis L. III.
Lappa minor DC. XIII.
„ nemorosa Körnik. „
Lasiopogon lanatum Cass. IV.
Leontodon alpestris Heg. III.
„ hispidus L. „
„ „ var. pseudocrispus Sch.B. „
Leontopodium alp. Cass. IX.
Leptorhynchus squamatus Less. IV.
Leuceria acanthoides Don. II.
„ paniculata Popp. „
„ peduncularis Remy. „
„ senecioides Hook. & Arn. „
Leria nutans DC. X.
Linosyris vulgaris Cass. I.
Lucilia conoidea Wedd. IV.
„ Bogotensis DC. „
„ macrocephala Wedd. „
Melampodium divaricatum DC. VII.
„ longipilum Rob. „
Millotia tennifolia Cass. I.
Mulgedium alpinum L. III.

Myriocephalus nudus Gray. I.
Oligandra lycopodioides Less. VIII.
Onopordon acanthium L. III.
Osteospermum spinosum L. VII.
" moniliferum Am. "
" sonchifolium DC. "
Othonna perfoliata Jacq. VII.
Pachysurus angianthoides Steetz. I.
Panargyrum spinosum D. Don. II.
Perityle incana Gray. I.
Petalacte coronata Don. VIII.
Petasites albus Gärtn. XII.
" niveus Baumg. "
" albifrons Mönch. "
" frigidus Fries. "
Petrobium arboreum R. Br. VIII.
Phagnalon Abyssinicum Sch. Bip. IV.
" saxatile Cass. "
" rupestre DC. "
" calycinum DC. "
" aegypticum DC. "
Phania multicaulis DC. I.
Phaenocoma prolifera D. Don. VII.
Picris hieracioides L. III.
Pithocarpa corymbulosa Lindl. I.
Plazia daphnoides Wedd. II.
Podotheca gnaphaloides R. Grah. I.
Prenanthes purpurea L. III.
Psiadia glutinosa Jacq. VII.
" penninervia DC. "
Pterocaulon pycnostachyum Ell. "
Raoulea glabra Hook. IV.
" Parkii J. Buch. "
Rea marginata Bert. III.
Rutidosis Pumilio Benth. I.
Senecio carniolicus Willd. VI.
" cordifolius L. "
Silphium ternatum Retz. VII.
Solidago Micropus erectus L IV.
Sparganophorus Vaillantii Grtn. I.
Sphacophyllum Holstii Grtn. "
Sphaerantus indicus L. VII.
" mollis Roxb. "
Stevia crenata Sch. Bip. I.
Stuartina Mülleri Sond. IV.
Strongyloma axillare DC. II.
Silybum Marianum Grtn. XIII.
Tafalla stenophylla Wedd. VIII.
Tarchacanthus camphoratus L. VIII.
Taraxacum officinale Web. III.
Tragopogon minor Jacq. "
" pratensis L. "
Trichogyne cauliflora DC. I.
" decumbens Less. VIII.
Trixis stricta Less. II.
" pallida Less. "
" divaricata Spreng. "
Toxanthus Mülleri Sch. Bip. I.
Vernonia plumbaginifolia Fenzl. "
" Venzlii Sch. Bip. "
" Dregeana " "
" Krausii " "
" hirsuta " "
" cinerea DC. "
" nudiflora Less. "
Waitzia corymbosa Wendl. "
Xeranthemum annuum L. XIII.

Litteraturverzeichnis.

I. Compositen.

Bentham: Remarks on Compositae: Journal of the Linn. Soc. XIII, p. 335 ff.
— u. Hooker: Genera plantarum Vol. II.

Brown, Rob.: Some observations in the natural family of Plants called Compositae. Linn. Transact. 1818. XII.

Buchenau, Franz I: Ueber Blütenentwicklung b. d. Compositen. Bot. Ztg. 1872.
— — II: Ueber Blütenentw. einiger Valerianac., Dipsac u. Comp. Abhdlg. d. Senkenberg. Ges. 1. p. 106—132.

Celakowsky, L. I: Ueber zweilippige Strahlblüten bei Anthemis austriaca Jacq. Oest. bot. Ztg. 43, p. 336—340. Wien 1893.

Delpino I: Studi sopra un lignaggio anemofilo delle Composte. Firenze 1871.

Col: Quelques recherches sur l'appar. sécrét. d. Compos. Journal de Bot. VIII, 1899.

Dickson: On an anormality in Chrysanth. leucanth. Journal of Bot. 1875 p. 59.

Franchet, A.: Observations sur le groupe des Leontop. Bull. Soc. bot. France 39, 1892, p. 126—135.

Gillot: Sur le gynodioec. de la Centaurea Jacea. Ann. Soc. bot. Lyon. XXI, 1897.

Haake, W.: Beiträge zur Kenntnis d. Variationsverh. einiger Campanul. Compos. etc. Bot. Ctrbl. 67, p. 341.

Halsted, D.: Sensitive stamens in Comp. Bot. Gaz. XIV, 1889, p. 151.

Hildebrand I: Ueber die Geschlechtsverh. b. d. Comp. 1869.

Hoffmann, O. I: Compositae. Engler u. Prantl: natürl. Pflf. IV, 5.

Juel: Parthenogenesis bei Antennaria alpina. Bot. Centralbl. 1898, p. 74.

Köhne, Emil: Ueber Blütenentwicklung b. d. Comp. Diss. Berlin 1869.

Müller, H. I: Die Vielgestaltigkeit der Blütenköpfe v. Cent. Jacea. Kosmos, Bd. X, 1882, p. 334—344.

Murr, J. I: Strahllose Blüten bei heim. Compos. D. B. M. XIV, Arnstadt 1896, p. 161—164.
— — II: Ueber gefüllte Blüten i. d. heim. Flora. Ebenda p. 133—136.

Weber, C. O.: Leontodon Taraxacum etc. Verh. d. nat. Ver. d. preuss. Rheinl. u. Westf. 1860, XVII, p. 333 ff.

Wettstein, R. v. I: Ueber d. Compositen d. oester.-ung. Flora. Referat: Bot. Centbl. Bd. XXXVI, p. 265.

II. Allgemeines.

Alefeld: Ueber Trioecie und Trimorphie. Bot. Ztg. 1863.
Ascherson, P.: Ueber d. geogr. Verbreitg. der Geschlechter v. Stratiotes aloides L. Bot. Ver. d. Prov. Brandenb. 1875.
Bail I: Ueber androg. Blütenst. Schriften der Nat. Ges. in Danzig. Neue Folge, Bd. II, 1869, No. 3.
— II: Vorl. Mittlg. über d. Vorkommen androg. Blütenst. resp. von Zwitterbl. bei Alnus etc. Bot. Ztg. 1870, p. 400.
Baillon I: De l'hermaphroditisme accident. chez les Euphorb. Bull. Soc. bot. de France IV.
— II: Histoire des plantes VIII.
Balduin, Mark.: Organische Selection. Biol. Centbl. 1897, No. 11.
Beauvisage: Dièce du Murier blanc. B. S. B. Lyon 1893, p. 24—27.
Beck, Günther, v. Mannagetta: Ueber d. individ. Variation d. Blüten. Wiener illustr. Gart.-Ztg. 1896. VII.
Bernoulli, G.: Zur Kenntnis dimorpher Blüten. Bot. Ztg. 1869.
Bonnier, G.: Sur les diff. formes de la même espèce. B. S. B. d. France, XXXI.
Burck, W.: Sur l'organisation florale chex quelques Rubiacées. Ann. d. jard. bot. de Buitenzorg III u. IV. 1883 u. 1884.
Breitenbach, W. I: Ueber Asparagus offic. u. triöcische Pflanzen. Bot. Ztg. 1878. p. 163.
— — II: Die Entstehung der geschlechtl. Fortpflanzung. Kosmos 1880, Heft VI, p. 248—257.
— — III: Einige neue Fälle v. Blumenpolymorph. Kosmos 1884, H. III, p. 206—207.
Celakowsky II: Ueber den phylogen. Entwicklungsgang d. Bltn. Sitzb. d. k. böhm. Gesell. d. Wiss. Math.-phys. Cl. XL.
Chatin, M. Ad.: De l'hérmaphrod. d. s. rapports avec le mesure d. l. gradat. d. végétaux. B. S. B. d. France 1894, p. 386.
Cantagne, G.: Premiére note s. l. polymorph. d. végétaux. Ref. Bot. Jahresb. 1895, 2.
Crié, L.: Sur le polymorph. floral et la pollination du Lychnis dioica. Comptes rendues XCIX. Paris 1884.
Clarke: On two kinds of dimorph. in the Rubiaceae. Journ. Linn. soc. Vol. XVII, 1880.
Clos: Le polymorph. floral et la phytographie. Ref. Bot. Jahresb. 1894, 2.
Crüger, Herm.: Blütenentw. von Distrepus sp. etc. Bot. Ztg. 1856.
Dammer, N.: Beitrag z. Kenntnis d. veget. Organe von Limnobium stol. nebst einigen Betrachtgn. über d. phylogen. Dignität von Diclinie u. Hermaphr. Diss. Freib., Berlin 1888.
Darwin, Ch. I: Die verschiedenen Blütenf. an Pflanzen der näml. Art, 1877.
— — II: Das Variieren d. Tiere u. Pflanzen. Bd. I u. II.
Delpino II: Sull'opera, la distribut. dei sessi nelle piante. Atti d. soc. Ital. 1887, V.
— III: Dimorphismo del Ranunculus Ficaria. Bot. Centbl. LXXIII, p. 22.
Drude, O.: Umbelliferae in Engl. u. Prantl, die nat. Pflanzenfamilien III.
Düsing, C. I: Die Regulierung der Geschlechtsverhältnisse bei der Vermehrung von Menschen, Tieren u. Pflanzen. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. XVII, 3 u. 4, 1884.
— — II: Experiment. Prüfg. v. d. Regul. der Geschlechtsv. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. XIX, 1885, 2, p. 108.
Errera, Léo et Gevaert, Gust. Sur la struct. et les modes de fécondat. des fleurs. Bull. d. l. Soc. Bot. d. Belg. XVII, 1878.
Familler, Ig.: Biogen. Untersuchg. über verkümmerte und umgebildete Sexualorg. Dissert. München 1896.
Focke, W. O. I: Ueber polymorphe Formenkreise. Engl. Jahrb. V, p. 50.
— — II: Die Regul. d. Geschl. bei der Vermehrung d. Menschen, Tiere u. Pflanzen v. Carl Düsing. Bot. Ztg.

Forsberg, G.: Ueber Geschlechtervert. b. Junip. com. Bot. Centbl. XXXIII, 1888, p. 91.
Gärtner I: Beiträge zur Kenntnis d. Befruchtung. 1844, p. 66.
— II: Einige Bemerkungen über die Befruchtung der Gewächse etc. Flora XIX, 1836.
Geisenheyner: Ueber Formen von Polygonat. multiflorum u. Auftreten von Polygamie. Ref. Bot. Jahresber. 1895. I. p. 75.
Gremli: Excursionsflora der Schweiz. VIII. Aufl., 1897.
Grisebach: Der Dimorphismus d. Fortpflzgsorg. v. Cardamine chenop. Pers. Bot. Ztg. 1878, p. 723.
Haberlandt: Centralblatt f. Agriculturch. 1875, p. 401.
Heinke: Die Entstehung d. Geschl. b. Menschen, Tieren u. Pflanzen. Humboldt, J. III, 1884, No. 12, p. 431—447.
Heyer: Untersuchg. über d. Verhältnisse der Geschlechter bei einh. u. zweihäusigen Pfl. B. a. d. physiol. Labor. des landw. Instituts d. Univ. Halle 1884, 5 H., p. 165.
Hildebrand II: Ueber einige Fälle von Abweichgn. in d. Ausbildg. d. Geschlechter bei Pflanzen. Bot. Ztg. 1893.
— III: Bericht über die Abhdlg. Darwins den Trimorph. v. Lythrum salic. betr. Verh. d. nat. Ver. d. Rheinl. XXII.
— IV: Experimente zur Dichogamie u. z. Dimorph. Bot. Ztg. XXIII, 1865, p. 1—6 u. 13—15.
— V: Die Geschlechterverteilung bei den Pflanzen. 1865.
Hoffmann, H. II: Dimorphe Bltn. bei Fritillaria imp. Bot. Mitteilg. in Wiener Obst- u. Gartenztg. 1878, p. 141/44.
III: Zur Geschlechtsbestimmung. Bot. Ztg. 1871, p. 91.
— IV: Ueber Sexualität. Bot. Ztg. 1885, No. 10 u. 11.
— V: Sexualität. Tagebl. d. 52. Verslg. deutscher Naturf. u. Aerzte in Baden-Baden 1874, p. 204.
— VI: Ueber Sexualität. Bot. Ztg. 1892, p. 145—161.
Holzner: Linnés Beitrag zur Lehre der Sexualit. der Pflanzen. Flora 1885, p. 580.
Huth, Ernst: Abhandlgn. u. Vorträge aus dem Gesamtgeb. d. Naturw.
Kerner v. Marilaun: Pflanzenleben. Bd. I u. II. 1898—99.
Kirchner: Flora von Stuttgart u. Umgebung. 1888.
Klebs, G.: Ueber d. Verh. d. männl. u. weibl. Geschlechtes in der Natur. Jena 1895.
Knuth, P. I: Blütenbiologie. Bd. I, II u. III, 1898.
— II: Blütenbiolog. Beiträge. Bot. Centralbl. 1897.
Krasan, Franz: Untersuchungen über d. Ursachen der Abänderungen d. Pflanzen. Bot. Jahrb. 5.
Lecoq, Henri: De la fécondation indirecte dans les végétaux. Comptes rendus, 1862, T. 54, p. 1247—1252.
Loew, Dr. E. I: Blütenbiolog. Floristik, 1894.
II: Blütenbiologie auf hist. Grundlage.
— III: Die Veränderlichkeit d. Bestäubungseinrichtg. b. Pflanzen derselben Art. Humboldt 1889, VIII, p. 178 u. 214.
Ludwig, D. F. I: Die Gynodiöcie von Digitalis ambigua u. D. purpurea. Kosmos 1885, I.
— II: Gynodimorph. d. Alsineen. Bot. Centbl. 1880, p. 829—831.
— III: Ueber den Gynodiöcismus bei Succisa pratensis. Sitzb. d. Ges. naturf. Freunde zu Berlin 1881.
— IV: Ueber einen Blütendimorph. d. anemophilen Plantago major L. Bot. Centbl. 1880, p. 240.
— V: Nachtrag zum Gynodimorph. d. Alsineen. Bot. Centbl. 33, 1880.
— VI: Verschiedene Blütenformen an der gl. Pflanze. Bol. Centbl. IV, p. 232—233.
— VIII: Adynamandrie von Erodium macradenum u. Gynodimorph. v. Erod. cicutarium. Bot. Centbl. VIII. 1881.
Mac Leod: Over de bevruchting der bloemen etc. Bot. Jaarbook, V. 1893.
Magnin, Ant.: Nouvelles observations sur la sexualité et la castration. Ref. Bot. Centbl. LIV.

Malme: Ueber die dimorphen Blüten von Curtia tenuif. Biol. Centbl. 1889, p. 134.
Meehan, Th.: On the Sexes of Plants. Ref. Gard. Chron. 1870, p. 243.
Moebius, M.: Entstehung und Bedeutung der geschl. Fortpflanzung. Biol. Centbl. 1896, p. 129—153.
Mohl, Hugo v. I: Einige Beobachtungen über dimorphe Blüten. Bot. Zeitg. XXI, 1863, p. 307—315.
— II: Observations sur les fleurs dimorphes. Ann. des Sciences nat. Bot. Série V, Vol. I, 1864, p. 199.
Moore, M. I: The different forms of flowers on plants ot the same species by Ch. Darwin. Journ. of Botan. 1877.
Moore, David II: On the morphologie or flowers in some dioecious plants. Gard. Chron. 1870, p. 559.
Möwes, Franz: Ueber Bastarde etc. u. die sexuellen Eigenschaften hybrid. u. gynod. Pflanzen. Engl. botan. Jahrb. IV, 1883, p. 189.
Müller, H. II: Das Variieren d. Grösse gefärbter Blütenhüllen und seine Wirkung auf die Naturzüchtung d. Blumen Kosmos II, 1877.
— III: Verkümmerung aller Staubgef. einer Blüte in 4 aufeinanderfolg. Perioden. Kosmos 1874 VI, p. 481.
— IV: Variabilität der Alpenblumen. Kosmos 1880, VII, p. 441.
— V: Polymorphisme of the Flower Heads of Centaurea Jacea. Nature Vol. XXV, 1881, p. 241.
— VI: Graduations between Hermaph. and Gynod. Nature Vol. XXIV, 1881, p. 532.
— VII: New cases of Dimorph. of Flowers. Nature XXIII, 1880/81, p. 337.
— VIII: Ch. Darwin: Ueber d. versch. Blütenf. bei Pflanzen der näml. Art. Kosmos 2, 1877/78.
— IX: Befruchtung d. Blumen durch Insecten. 1873.
— X: Alpenblumen. Leipzig 1881.
Müller, Fritz: Notizen über die Geschlechtsverh. brasilian. Pflanzen. Bot. Ztg. XXII. 1868, p. 113.
Nägeli, C.: Mechanisch-physiol. Theorie d. Abstammungslehre. München-Leipzig 1884.
Oudemans, C.: Zweierlei Blüten bei Glechoma hederacea L. Bot. Ztg. 1893, p. 469—470.
Parish, C.: Dimorph. of Flowers of Cymbidium tigrinum. Linn. Soc. Botan. Vol. I, 1869, p. 505—506.
Payer: Traité d'organogénie comp. de la fleur 1857.
Penzig, O.: Pflanzenteratologie. Genua 1894.
Pfeffer, W.: J. G. Köhlreuter: Vorläuf. Nachr. v. einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen. Ostwalds Klassiker. No. 41. 1893.
Potonié, H.: Ueber die Blütenformen von Salvia prat. u. die Bedeutg. der weiblichen Stöcke. Ref. Bot. Zeitg. 1880, p. 749—750.
Rathey, E.: Die Geschlechtsverh. der Rebe u. ihre Bedeutg. f. d. Weinbau. Bot. Jahresber. 1889, I, p. 551—553.
Rehder, A.: Ueber Dimorph. bei Forsythia. Gartenflora 1897, p. 396.
Rich, Alice: Heterogamy in Alnus serrulata. Ref. Bot. Jahresb. 1889, I.
Robertson: Proterogynous Umbelliferae. Bot. Gaz. VIII, p. 793.
Rosen, F.: Bemerkungen über die Bedeutung der Heterogamie f. d. Bildung u. Erhaltung der Arten; in Anschluss an Arbeiten von Burck. Bot. Ztg. 1891, p. 201—217.
Sachs: Physiologische Notizen, 1898.
Schilbersky, C. I: Blütendimorph. d. Ackerwinde. Ref. Beih. z. Bot. Centbl. 1893, p. 447—448.
— II: Die makrandrischen und mikrandrischen Blüten von Convolvulus arvensis. Bot. Centbl. XVII, 1895, p. 160/61.
Schrank: Ueber das Geschlecht der Pflanzen. Flora 1822.
Schröter, C. I: Notice préliminaire sur l'anthèse de quelques ombellifères. Ref. Bot. Jahresber. 1889, I, p. 557.
— II: Berichte der schweiz. botan. Gesellsch. 1895. Heft V. Seite
— III: Le climat des Alpes et son influence sur la végétation alpine. Compte rendue d. travaux de la Société hélvét. 1889, p. 27.

Schulz, Aug. I: Beiträge zur Morphologie u. Biologie. Berlin 1847.
II: Beiträge zur Kenntnis der Bestäubungseinr. und Geschlechtervertlg. bei den Pflanzen. Kassel 1888.
Saunders, J.: Monoecious and hermaphr. Mercurialis perennis. Refer.: Bot. Centbl. XVI, 1883.
Simon, F.: Die Sexualität und ihre Erscheinungsweisen in der Natur. Jena 1883.
Solms-Laubach, H.: Die Geschlechtsdifferenz bei den Feigenbäumen. Bot. Zeitg. 1885.
Sprengel, K.: Das entdeckte Geheimnis der Natur, 1798.
Spruce, Rich. I: Regelm. Wechsel in der Entw. diklin. Bltn. Bot. Ztg. XXXII, 1869. p. 664—666.
— II: The Sexuality of Plants. Gard. Chron. 1870, p. 826.
Thomas, Fr.: Einhäusige Mercurialis perennis. Bot. Centbl. XV, p. 29.
Turner, Arth.: Trimorph. in Scabiosa succisa Nature XL, 1889, p. 643.
Urban, Ign.: Ueber den Dimorph. bei den Turneraceen. Verh. des bot. Vereins d. Prov. Brandenburg, XXIV, 1882/83.
Vöchting: Ueber Blütenanomalien. Prgsh. Jahrb. XXXI.
Warming, E.: Die Blüte der Compositen. Hansteins Bot. Abh. III, 1876.
Warnstorf: Blütenbiol. Beobachtgn. an der Ruppiner Flora im Jahre 1895. Verh. d. bot. Vereins d. Prov. Brandenb. Jahrg. 36—39, 1894—1897.
Wehrli, Leo: Ueber einen Fall von vollst. Verweiblichung der männl. Kätzchen von Corylus Avellana Flora 1892, p. 243.
Wettstein II: Der Saison-Dimorphismus als Ausgangspunkt f. d. Bildg. neuer Arten im Pflznreich. Ber. d. d. bot. Ges. XIII, 1895, p. 303—313.
Willis, J. C. I: On Gynodioecism in the Labiate. Ref bot. Centbl. LIII, p. 144.
— II: On Gynod. with a prelim. note upon the origin of this and similar phaenom. Nature XLVII, 1893, p. 119.
Wilson, W. P.: Observations on Epigaea repens. Contrib. from the Bot. Labor. of the Univ. of Pensylv. I, 1892, p. 56—58.
Wittrock, V. B.: Ueber die Geschlechterverteilung bei Acer platanoides. Bot. Centbl. XXV. 1886. p. 55.

Tafel-Erklärung.

Tafel I. Generalschema für die phylogenetische Blütenentwicklung. Erklärung siehe in Text Seite 196.
Tafel II. Blütenentwicklung von *Doronicum caucasicum*. Erklärung siehe in Text Seite 48 und 49.

Bedeutung der Zeichen:

- ♀ R. = zwittrige Röhrenblüte.
- ♀ Z. = „ Zungenblüte.
- ♀ L. = „ Lippenblüte.
- ♀ Z. = weibliche Zungenblüte.
- ○ Z. = neutrale „
- ○ H. = „ Honigblüte.
- ○ St. = „ Strahlblüte.
- ♀ L. = weibliche Lippenblüte
- ♀ H. = „ Honigblüte
- ♀ St. = „ Strahlblüte.
- ♀ red. = „ Blüte mit redue. Corolle
- ♀ = „ „ ohne Corolle.
- ♂ = männliche Blüte.

Roth = Dauerformen.

Schwarz = Uebergangsformen.

Gelb = Antheren.

Generalschema für die phyl

A. *Hieracium barbatum Tausch* (aus demselben Köpfchen) Urform vorhanden.

B. *Anthemis cotula L.* (aus demselben Köpfchen) Urf. vorhanden.

C. *Psiadia glutinosa Jacq.* (3 u. 4 aus dems. Köpfch. 1 u. 2 konstruirt) Urform vorhanden.

D. *Heterothalamus brunioides Less.* Urform fehlt.

E. *Xeranthemum annuum L.* Urform vorhanden.

F. *Gerbera Wrightii Harv. b. G. viridifolia Sch. Bip.* (aus demselben, b. aus 2 versch. Köpfch.) Urf. vorhanden.

G. *Anandria tomentosa Vent.* (aus dems. Köpfch.) Urf. vorhanden.

H. *Erigeron alpinus L.* (aus dems. Köpfchen) Urf. vorhanden.

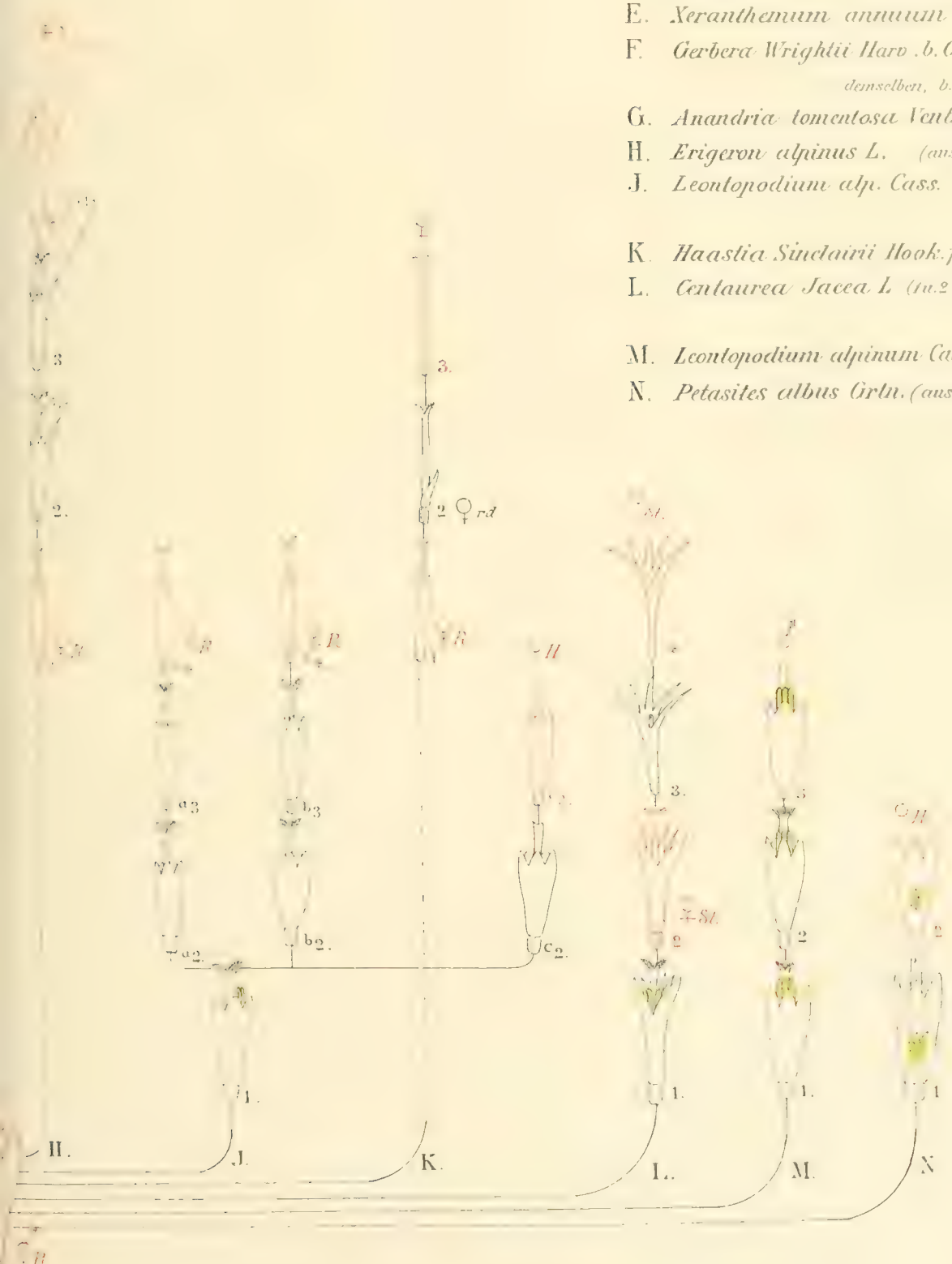
J. *Leontopodium alp. Cass.* (a. b. c. aus 2 versch. Köpfchen) Urf. vorhanden.

K. *Haastia Sinclairii Hook. f.* (aus dems. Köpfch.) Urf. vorh.

L. *Centaurea Jacea L.* (1 u. 2 konstruirt nach Müller, 3 u. 4 aus dems. Köpfch.) Urf. vorh.

M. *Leontopodium alpinum Cass.* (aus dems. Köpfch.) Urf. vorh.

N. *Petasites albus Grln.* (aus dems. Köpfch.) Urf. vorhanden.



genetische Blütenentwicklung.

Lith. v. Carl Ebner, Stuttgart

Nagele, Stuttgart

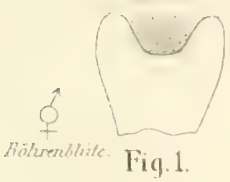


Fig. 1.

Fig. 2a

Fig 2b

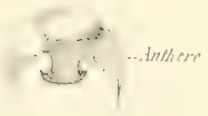


Fig 3a

Fig 3b

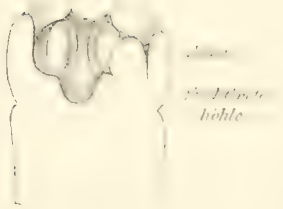


Fig. 4.

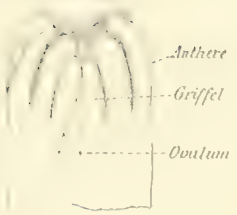


Fig. 5.

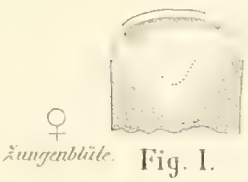


Fig. I.

Fig. II a

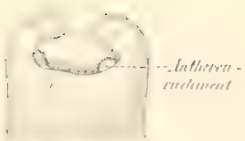


Fig. II b

Fig. III a

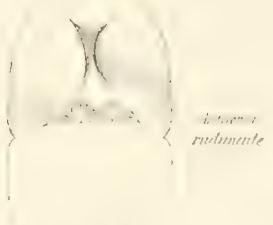


Fig. III b

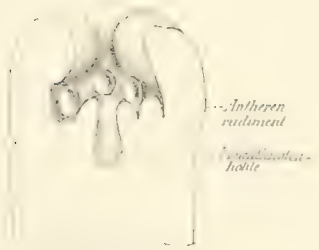


Fig. IV.

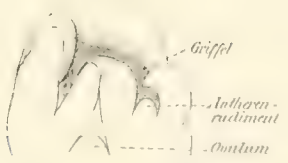


Fig. V.

Fig. 6.

Fig. 1-5 u. I-V *Doronicum caucasicum*
Ontogenie.

Fig. 6 *Chrysanthemum Leucanthemum.*

Lith. Anst. v. Carl Ebner, Stuttgart.

Verlag von Erwin Nägele, Stuttgart

Buchdruckerei Wolfgang Drück, Cannstatt.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. Chr. Luerssen
in Königsberg i. Pr.

Heft 53.

C. Correns:

Bastarde zwischen Maisrassen,

mit besonderer Berücksichtigung

der

Xenien.

Mit 2 Tafeln.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1901.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. Chr. Luerssen
in Königsberg i. Pr.

Heft 53.

C. Correns:

Bastarde zwischen Maisrassen,

mit besonderer Berücksichtigung
der
Xenien.

Mit 2 Tafeln.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1901.

Bastarde zwischen Maisrassen,

mit besonderer Berücksichtigung

der

Xenien.

Von

Prof. C. Correns,
Privatdozenten der Botanik in Tübingen.

— — **Mit 2 Tafeln.** —

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1901.

Alle Rechte vorbehalten.

Druck von Carl Hammer in Stuttgart.

Vorwort.

Die Untersuchungen, über die im Folgenden berichtet werden soll, wurden vor 7 Jahren, im Frühjahr 1894, begonnen, mit der Absicht, Licht in die Frage nach den „Xenien" Focke's (882), nach dem geheimnissvollen „directen Einfluss des Pollens auf die Frucht", zu bringen. Dass vor allem der Mais ein passendes Object abgeben würde, war aus der Litteratur zu entnehmen, und es zeigte sich auch bald, dass die Wahl günstig war. Die meisten Ergebnisse standen schon im Herbste 1897 fest, so vor allem, dass der directe Einfluss des Pollens nie über das Endosperm hinausgeht, doch konnte ich erst nach der Veröffentlichung meiner Untersuchungen über die ungeschlechtliche Vermehrung der Laubmoose im Herbst 1899 an ihre Verwerthung denken. Inzwischen hatten Nawaschin und Guignard die doppelte Befruchtung entdeckt. Damit war für alle jene Xenien, wo ein Merkmal des Endosperms durch die Bastardbestäubung verändert wird, eine Erklärung gefunden. Ich halte es deshalb auch für kein besonderes Verdienst, sie in meiner vorläufigen Mittheilung (899) angewendet zu haben, gleichzeitig mit de Vries (899) und unabhängig von ihm. Es blieb aber nachzuweisen, dass sich der directe Einfluss des Pollens wirklich nur auf das Endosperm erstreckt, und manche Thatsache zu deuten, die sich mit dieser Erklärung zunächst schlecht zu vertragen schien und doch jedem auffallen musste, der nicht nur einen, passend ausgewählten Fall betrachtete. So, dass Form und Grösse des Endosperms unverändert bleiben, dass bei vielen Merkmalen die von der Mutter stammende Anlage einen stärkeren Einfluss bei der Entfaltung hat, etc.

Neben das Studium der directen Wirkung des Pollens, der „Xenien", war bald auch das der Bastarde getreten. Die merkwürdigen Gesetzmässigkeiten, die sich dabei ergaben, liessen sich erst recht verstehen, als sie bei meinen Versuchen über die Bastarde zwischen Erbsenrassen ebenfalls, aber viel durchsichtiger, hervortraten. Es waren, wie ich später fand, die schon von Mendel (866) aufgestellten Regeln. Die Windblüthigkeit und die Unfruchtbarkeit mit eigenem Pollen — mag sie nun nur darauf beruhen, dass der Pollen nicht auf die Narben derselben Pflanze gelangen kann (Mc Cluer, 892, p. 101), oder mögen, was mir für manche Rassen sehr wahrscheinlich ist, physiologische Gründe vorliegen — machen den Mais für solche Untersuchungen sehr ungeeignet, gegenüber den von Insecten kaum je erfolgreich besuchten, sich selbst befruchtenden Erbsen.

Die Versuche über die Xenien und jene über die eigentlichen Bastarde sollten ursprünglich als zwei selbständige Abhandlungen veröffentlicht werden. Einerseits das Interesse, das sich in neuester Zeit auf einmal für derartige Untersuchungen zu regen beginnt und eine möglichst rasche Veröffentlichung des gesammten Materials wünschenswerth erscheinen liess, andererseits die Möglichkeit, noch einige Merkmale des Endosperms auf ihr Verhalten zu prüfen, veranlassten mich im Frühjahr 1900, ein fast druckfertiges Manuscript „über die Xenien bei Zea Mays" zurückzulegen,

beide Arbeiten zu vereinigen und so zu veröffentlichen. — Vom theoretischen Gesichtspunkt aus hätten die beiderlei Versuche (die Abschnitte VII und X) zusammenhängend dargestellt werden müssen; es geschah aus praktischen Gründen nicht. Dass die direct wahrnehmbaren Eigenschaften eines Maiskornes von zwei Generationen geboten werden, wird stets einige Schwierigkeiten veranlassen. Die Veränderungen, die durch die blosse Anwesenheit des Bastardendosperms und Bastardembryo am Samen oder der Frucht, direct oder correlativ, verursacht sind, werden auch weiterhin dem Laien immer als etwas Besonderes auffallen und eine besondere Bezeichnung verlangen. Ich schlage vor, den Ausdruck „Xenien" in diesem Sinne weiter zu gebrauchen. Die Wahrscheinlichkeit, dass er im alten Sinne für Veränderungen gebraucht werden müsste, die an eine Abgabe von Idioplasma vom Pollen, Embryo oder Endosperm an die Mutterpflanze denken liessen, ist fast gleich Null nach meiner Ueberzeugung, die sich auf sorgfaltiges Studium der Litteratur und einige eigene Versuchsreihen stützt (vergl. p. 99).

Die beiden Versuchsgruppen sind ausserdem nicht ganz gleichwerthig, die relativ wenigen Merkmalskategorien, die bei den Xenien in Frage kommen, sind vollständiger studirt als die übrigen. Aber auch hier bleibt noch mancherlei zu ermitteln, in erster Linie das Verhalten der Merkmale aus der Kategorie VII (physikalische Beschaffenheit des Endosperms) und aus der Kategorie IX (Gewichtsverhältniss von Embryo und Endosperm); ferner wäre eine genaue (makrochemische) quantitave Analyse der Xenien im chemischen Verhalten des Reservematerials im Endosperm (Kategorie VI) sehr erwünscht, an tadellosem, reifem Material.

Das Verhältniss der Merkmale beim Bastard kann erst dann studirt werden, wenn diese bei den Eltern genau bekannt sind. Ihnen ist ein langer Abschnitt gewidmet (IV); auch hier bleibt noch viel zu thun.

Einen grossen Theil der Angaben in der Litteratur habe ich fast werthlos gefunden, weil die Autoren die von ihnen benützten Rassen nur genannt, aber nicht oder ungenügend beschrieben haben. Ich habe deshalb die von mir verwendeten im Abschnitt V in allen berücksichtigten Kategorien kurz aber genau charakterisirt.

Es bedarf vielleicht einer Begründung, warum ich alle meine Bestäubungsversuche und fast alle Bastardirungsversuche beschrieben und dann die Ergebnisse nochmals für die einzelnen Merkmalskategorien gesondert zusammengestellt habe. Es geschah, um zu zeigen, wie sich die Anlage[1]) für ein bestimmtes Merkmal z. B. für die blaue Kleberschicht, bei verschiedenen Rassen gegenüber der Anlage für ein anderes Merkmal derselben Kategorie, z. B. für die gelbe oder weisse Kleberschicht, bei anderen, wieder unter sich verschiedenen Rassen verhält. Meines Wissens existirt noch kein derartiges Material, im selben Verwandtschaftskreis gesammelt.

Dass man die Merkmale der zwei Stammsippen eines Bastardes möglichst zerlegen und bei diesem immer das Verhalten der zwei zur gleichen Kategorie gehörigen Merkmale vergleichen muss, wurde mit Recht von de Vries (889 u. f.) hervorgehoben, es frägt sich aber, ob man einen Schritt weiter gehen und behaupten darf, dass auch die Anlagen für ein Merkmal bei allen Sippen, die das-

[1]) Mit Anlage bezeichne ich den Theil des Idioplasmas einer Sippe, dessen Ueberlieferung bei der Befruchtung — dessen Anwesenheit im Idioplasma des Bastardes — die Entfaltung eines bestimmten Merkmales während der Ontogenese bedingt, ohne damit eine concrete Vorstellung über ihre Beschaffenheit zu verknüpfen. Sicher ist, dass das Verhalten der Anlagen in einem complizirten Erbsenbastard mit lauter schizogonen Merkmalspaaren, wo sich die Merkmale der Eltern in allen möglichen Weisen combiniren, wie die bunten Körperchen in einem Kaleidoskop, die Annahme nahe legt, dass es sich um lauter selbständige Einheiten handle, wie de Vries will. Doch stösst man bei weiterem Verfolgen dieser Annahme bald auf Schwierigkeiten. Vergl. p. 11.

selbe besitzen, die gleichen sind, ob man annehmen darf, die Merkmale seien das Gegebene und die Rassen durch Combination dieser verschiedenen einfachen Elemente abzuleiten, sodass an Stelle der „Artkreuzung“ die „Kreuzung der Artmerkmale“ zu treten hätte (de Vries).

Das Ergebniss war zunächst, „dass eine bestimmte Eigenschaft . . . . bei jeder Rasse, die sie besitzt, ... auf jede andere Rasse, die diese Eigenschaft nicht besitzt, in gleicher Weise einwirke, wie verschieden diese bestäubten und bestäubenden Rassen sonst sein mögen“ (899, Satz 12), ein Ergebniss, das mit den Ansichten de Vries' über das Verhalten der Anlagen übereinstimmte. Erst ein genaueres Studium der Bastarde und Versuche mit einer damals noch nicht verwendeten Rasse (*leucoceras*) haben, wie wir sehen werden, gezeigt, dass das nur ganz annähernd gilt, dass sich die Anlagen für dasselbe Merkmal je nach der Rasse sehr merklich verschieden verhalten können, und dass auch innerhalb der Rasse die Individualität eine bedeutende Rolle spielen kann.

In diesem Punkte sind also die Ergebnisse gegenüber meiner vorläufigen Mittheilung geändert; sie sind es aber auch noch in einem zweiten Punkte, wie ich hier gleich bemerken will. Die Beeinflussung einer Rasse durch den Pollen einer anderen ist nicht immer einseitig, so, dass Rasse I wohl auf Rasse II wirkt, Rasse II aber nicht auf Rasse I (Satz 10 und 11 der vorl. Mittheilung). Es ist das eher der seltenere Fall, und die gegenseitige Beeinflussung häufiger, freilich eine so ungleich starke, dass es gewöhnlich ganz den Anschein hat, sie sei einseitig. Auch hier haben erst die Versuche mit der Rasse *leucoceras* Klarheit gebracht.

Der XII., „allgemeine Ergebnisse“ überschriebene Abschnitt fasst nur einen Theil der im VIII. und XI. Abschnitt zusammengestellten Resultate zusammen; er wurde schliesslich noch durch einen Zusatz (V) erweitert, in dem die praktische Seite der Ergebnisse angedeutet wurde.

Ich habe mir Mühe gegeben, im Abschnitt II die Litteratur über Xenien und Bastarde möglichst vollständig zusammenzustellen und allen diesen Arbeiten gerecht zu werden. Bei jeder einzelnen Beobachtung aber die ganze Litteratur anzuführen oder auch nur stets den ersten Beobachter zu nennen, war aus verschiedenen Gründen ganz unmöglich.

Das Manuscript wurde Ende Februar abgeschlossen und Mitte März eingesandt. Was seitdem an einschlägigen Untersuchungen erschien, konnte nicht mehr berücksichtigt werden, so E. Tschermak's „weitere Beiträge über Verschiedenwerthigkeit der Merkmale bei Kreuzung von Erbsen und Bohnen“ (Zeitschrift f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1901) und den vorläufigen Bericht darüber (Berichte d. Deutsch. Botan. Gesellsch., 1901, Heft 2), ferner Guignard's Untersuchungen über die doppelte Befruchtung beim Mais (Journal de Botanique, XV. No. 2), der den histologischen Nachweis für die Befruchtung der unter sich gleichen Polkerne durch den zweiten Spermakern erbrachte, während im Uebrigen die Ergebnisse dem p. 94 Vorausgesagten entsprachen.

Da vorauszusehen war, dass die Arbeit, vor allem wegen der Herstellung der Tafeln, erst nach Monaten erscheinen konnte, gab ich in den Berichten der deutschen botanischen Gesellschaft, Bd. XIX, Heft 3, kurz die Hauptergebnisse an und benützte die Gelegenheit, die Einführung der neuen Ausdrücke: „schizogon“ für Merkmalspaare, die bei der Keimzellbildung gespalten werden, und „homöogon“ für solche, die dabei vereinigt bleiben, gegenüber der von de Vries (900, e) verwendeten Terminologie zu rechtfertigen und gegen die Umgestaltung des von Millardet eingeführten Begriffes der „faux hybrides“ Verwahrung einzulegen. Ich gehe hierauf nicht nochmals ein, sondern verweise auf jene Mittheilung. — Die Bezeichnung der verschiedenartigen Merkmalspaare als Pisum-Typus, Hieracium-Typus etc., nach besonders charakteristischen Fällen ihres Vorkommens, schien mir

zur Zeit am praktischsten. Ausser den p. 4 aufgeführten Haupttypen liessen sich noch andere, untergeordnete unterscheiden, so zum Hieracium-Typus ein Fragaria-Typus für Merkmalspaare vom Verhalten der bekannten Bastarde Millardet's. Diese Nomenklatur kann natürlich auch auf die Bastarde übertragen werden, wenn sich die Eltern nur durch Merkmalspaare vom gleichen Typus unterscheiden.

Damit der Preis der Arbeit nicht zu hoch stiege, wurde die Zahl der farbigen Abbildungen möglichst beschränkt: es sind ausser den reinen Rassen fast lauter Xenienkörner abgebildet worden, die Früchte der Bastarde zeigen ihnen gegenüber in der Farbe nichts wesentlich Neues. Die Mehrzahl der Figuren der zweiten Tafel soll illustriren, welche Schwankungen in der Entfaltungsstärke die Anlagen für dasselbe Merkmal (für Blau in der Kleberschicht) nach den Rassen und nach ihrem Zustand zeigt.

Die Versuche wurden zum grössten Theil im botanischen Garten der Universität angestellt, für die Erlaubniss zu seiner Benützung spreche ich auch an dieser Stelle dem Director, Herrn Prof. Dr. Vöchting, meinen verbindlichsten Dank aus. Herr Prof. Hegelmaier hatte wiederholt die Güte, eine Anzahl Objecte in seinen Garten aufzunehmen, ein guter Theil musste Handelsgärtnern anvertraut werden. — Die Versuche werden mit specieller Berücksichtigung des Verhaltens der Merkmalspaare im Bastard, in den weiteren Generationen und bei der Rückkreuzung, fortgeführt. Ich hoffe, in einiger Zeit darauf zurückzukommen.

Tübingen, im Juli 1901.

Inhaltsübersicht.

Vorwort . . . . . p. V

Inhaltsübersicht . . . . . p. IX

I. Abschnitt. Einleitung. Das Verhalten der Merkmale beim Bastard. Selbständige und unselbständige Merkmalskategorien. Ganz unselbständige, halbselbständige, selbständige und conjugirte Merkmale, p. 1. — Verhalten der Merkmale aus derselben Kategorie bei der Entfaltung während der vegetativen Entwicklung (homodyname und heterodyname Paare) und bei der Keimzellbildung des Bastardes (homöogone und schizogone Paare), p. 3. — Pisum-Typus, Zea-Typus, Hieracium-Typus der Merkmalspaare, ihr Verhalten in der ersten und den folgenden Generationen, Bastardirung mit den Eltern, Tripelbastarde, p. 5. — Der Spaltungsmodus der Anlagen bei der Bildung der Keimzellen, p. 10 . . . . p. 1

II. Abschnitt. Die Litteratur. A. Xenien. Litteratur vor Burger, p. 13, — vor Vilmorin und Koernicke, p. 15, — die Arbeiten der Amerikaner, p. 16, — die neueste Litteratur, p. 18. — B. Die Bastarde, p. 20 . . . . . p. 13

III. Abschnitt. Die Technik der Versuche. A. Xenien, p. 22. — B. Bastarde, p. 24 . . . . . p. 22

IV. Abschnitt. Die Merkmale der Früchte der Maisrassen. A. Die Gestalt der Körner (Kateg. I), p. 25. — B. Die Grösse der Körner (Kateg. II), p. 27. — C. Die Farbe der Körner, p. 30. a) Die Farbe der Fruchtschale (Kateg. III), p. 30. b) Die Farbe der Kleberschicht (Kateg. IV), p. 33. c) Die Farbe des übrigen Endosperms (Kateg. IV), p. 34. d) Die Gesammtfarbe der Körner, p. 36. — D. Die Beschaffenheit des Reservemateriales im Endosperm, p. 37. a) Die chemische Beschaffenheit des Endosperms (Kateg. VI), p. 37. b. Die physikalische Beschaffenheit des Endosperms (Kateg. VII), p. 39. — E. Der Bau der Kleberschicht (Kateg. VIII), p. 43. — F. Das Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm (Kateg. IX), p. 45 . . . . . p. 24

V. Abschnitt. Uebersicht der zu den Versuchen verwendeten Maisrassen. *R. acuminata* p. 47, *R. alba* p. 47, *R. coeruleodulcis* p. 48, *R. cyanea* p. 48, *R. cyanornis* p. 48, *R. dulcis* p. 48, *R. gilva* p. 49, *R. leucoceras* p. 49, *R. leucodon* p. 49, *R. nana* p. 49, *R. Philippi* p. 50, *R. rubra* p. 50, *R. vulgata* p. 50 . . . . . p. 46

VI. Abschnitt. Die Xenien bei reinen Rassen. (Die Ergebnisse im Jahr der Bestäubung. Endospermbastarde). Uebersicht p. 51. — Versuche, bei denen nur einerlei Pollen zur Bestäubung verwendet wurde p. 52. — Versuche, bei denen zweierlei Pollen verwendet wurde p. 77 . . . . . p. 50

Alphabetisches Verzeichniss der Versuche 1—77.

acuminata ×[1]) *alba* . . . Vers. 64 . . . p. 73
acuminata × *coeruleodulcis* . „ 67 . . . p. 74
acuminata × *nana* . . . . „ 39 . . . p. 62
acuminata × *vulgata* . . . „ 37 . . . p. 61
alba × *acuminata* . . . . „ 65 . . . p. 73
alba × *coeruleodulcis* . . . „ 53 . . . p. 68
alba × (*coeruleodulcis* / *vulgata* . . . „ — . . . p. 77
alba × *cyanea* . . . . . „ 7 . . . p. 53
alba × (*cyanea* / *vulgata* . . . . . Vers. 73 . . . p. 77
alba × *cyanornis* . . . . „ 72 . . . p. 77
alba × *dulcis* . . . . . „ 32 . . . p. 60
alba × *gilva* . . . . . „ 13 . . . p. 56
alba × *leucoceras* . . . . „ 41 . . . p. 63
alba × *leucodon* . . . . . „ 36 . . . p. 61
alba × *nana* . . . . . „ 46 . . . p. 64
alba × *Philippi* . . . . . „ 19 . . . p. 58

[1]) × Dieses Zeichen steht statt des von Focke (882) eingeführten ⨯, das „bestäubt mit“ bedeutet und für Versuche über Xenien sehr praktisch ist; späterhin ist es durch ⫩ ersetzt. Bei Bastarden verbinde ich die Namen der Eltern durch +.

alba × *rubra* . . . . . Vers. 3 . . . p. 52
alba × *vulgata* . . . . . „ 11 . . . p. 56
coeruleodulcis × *alba* . . . „ 54 . . . p. 68
coeruleodulcis × {*coeruleodulcis* / *vulgata* „ 76 . . . p. 77
coeruleodulcis × *cyanea* . . „ 34 . . . p. 61
coeruleodulcis × *dulcis* . . „ 10 . . . p. 56
coeruleodulcis × *leucoceras* . „ 71 . . . p. 76
coeruleodulcis × *rubra* . . „ 58 . . . p. 79
coeruleodulcis × *vulgata* . . „ 59 . . . p. 79
cyanea × *alba* . . . . . „ 8 . . . p. 54
cyanea × *coerulcodulcis* . . „ 35 . . . p. 61
cyanea × {*cyanea* / *vulgata* . . . . „ — . . . p. 77
cyanea × *dulcis* . . . . . „ 51 . . . p. 68
cyanea × *gilva* . . . . . „ 29 . . . p. 60
cyanea × *Philippi* . . . . „ 31 . . . p. 60
cyanea × *rubra* . . . . . „ 17 . . . p. 57
cyanea × *vulgata* . . . . „ 27 . . . p. 59
dulcis × *alba* . . . . . „ 33 . . . p. 60
dulcis × *coeruleodulcis* . . „ 9 . . . p. 56
dulcis × {*coeruleodulcis* / *vulgata* . . „ 74 . . . p. 77
dulcis × *cyanea* . . . . . „ 52 . . . p. 68
dulcis × *rubra* . . . . . „ 49 . . . p. 67
dulcis × *vulgata* . . . . . „ 55 . . . p 69
gilva × *alba* . . . . . „ 14 . . . p. 57
gilva × *coeruleodulcis* . . „ 61 . . . p. 72
gilva × *dulcis* . . . . . „ 57 . . . p. 70
gilva × *Philippi* . . . . . „ 26 . . . p. 59
gilva × *rubra* . . . . . „ 25 . . . p. 59
gilva × *vulgata* . . . . . „ 15 . . . p. 57
leucoceras × *alba* . . . . „ — . . . p. 63
leucoceras × *coeruleodulcis* . „ 70 . . . p. 75
leucoceras × *cyanornis* . . „ 45 . . . p. 64
leucoceras × *vulgata* . . . Vers. 68 . . . p. 74
leucodon × *alba* . . . . . „ — . . . p. 61
leucodon × *leucoceras* . . . „ 42 . . . p. 63
leucodon × *vulgata* . . . . „ 62 . . . p. 73
nana × *acuminata* . . . . „ 40 . . . p. 62
nana × *alba* . . . . . „ 47 . . . p. 66
nana × *coeruleodulcis* . . . „ 66 . . . p. 74
nana × *Philippi* . . . . . „ 43 . . . p. 64
nana × *vulgata* . . . . . „ 1 . . . p. 52
Philippi × *alba* . . . . . „ 20 . . . p. 58
Philippi × *cyanea* . . . . „ 30 . . . p. 60
Philippi × *nana* . . . . . „ 44 . . . p. 64
Philippi × *rubra* . . . . „ 23 . . . p. 58
Philippi × *vulgata* . . . . „ 5 . . . p. 52
rubra × *alba* . . . . . „ 4 . . . p. 52
rubra × *cyanea* . . . . . „ 18 . . . p. 57
rubra × *dulcis* . . . . . „ 50 . . . p. 67
rubra × *nana* . . . . . „ 48 . . . p. 67
rubra × *Philippi* . . . . „ 24 . . . p. 58
rubra × *vulgata* . . . . . „ 21 . . . p. 58
vulgata × *acuminata* . . . „ 38 . . . p. 62
vulgata × *alba* . . . . . „ 12 . . . p. 56
vulgata × *coeruleodulcis* . . „ 60 . . . p. 71
vulgata × {*coeruleodulcis* / *vulgata* . „ 77 . . . p. 78
vulgata × *cyanea* . . . . „ 28 . . . p. 59
vulgata × *dulcis* . . . . „ 56 . . . p. 69
vulgata × *gilva* . . . . . „ 16 . . . p. 57
vulgata × *leucoceras* . . . „ 69 . . . p. 75
vulgata × *leucodon* . . . . „ 63 . . . p. 73
vulgata × *nana* . . . . . „ 2 . . . p. 52
vulgata × *Philippi* . . . . „ 6 . . . p. 52
vulgata × *rubra* . . . . . „ 22 . . . p. 58
vulgata × {*vulgata* / *cyanea* . . . „ 75 . . . p. 77

VII. Abschnitt. Das Verhalten der einzelnen Merkmale einer Kategorie zu einander bei den Xenien (im Jahre der Bastardbestäubung). I. Die Form der Körner p. 79. — II. Die Grösse der Körner p. 79. — III. Die Farbe der Fruchtschale p. 81. — IV. Die Farbe de Endosperms p. 82. — V. Die Farbe der Kleberschicht p. 84. — VI. Die chemische Beschaffenheit des Endosperms p. 86. — VII. Die physikalische Beschaffenheit des Endosperms p. 87. — VIII. Die Form der Kleberzellen p. 90. — IX. Das Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm p. 90. — Die Schnelligkeit des Keimens p. 91 . . . . . p. 78

VIII. Abschnitt. Die Ergebnisse im Jahr der Bestäubung. Die Xenien. I. Die Thatsachen p. 92. — II. Die Erklärung als Endosperm-Bastardirung. Schwierigkeiten. Merkmale des Endosperms, die stets unverändert bleiben, Einfluss des Geschlechtes p. 94. — Ist die Vereinigung der Polkerne mit dem zweiten generativen Kern aus dem Pollenschlauch eine wahre Befruchtung? p. 97. — Teleologische Deutung der Endosperm-Bastardirung p. 97. — Die Mengung der Merkmale und Webber's Deutung p. 97. — III. Die übrigen Xenien. 1. Fälle, wo der Bastardembryo die Veränderung bedingt p. 98. 2. Fälle, wo das Bastard-Endosperm die Veränderung bedingt p. 98. 3. Fälle, wo die Veränderung sich jenseits von Embryo und Endosperm gezeigt haben soll p. 99 . . . . . p. 92

IX. Abschnitt. Die Bastarde. (Die Ergebnisse im zweiten und dritten Jahr des Versuches.) I. Einfache Bastarde, p. 101. — Tripelbastarde p. 126 . . . . . p. 100

Uebersicht der Bastarde.

Einfache Bastarde.

I. *R. alba* + *R. rubra.*

1. (♀ *R. rubra* + ♂ *R. alba*) × *R. alba* Vers. 78, p. 101

II. *R. alba* + *R. cyanea.*

I. Generation.

1. (♀ *R. alba* + ♂ *R. cyanea*) × *R. alba* „ 79, p. 101
2. (♀ *R. cyanea* + ♂ *R. alba*) × *R. dulcis* „ 80, p. 102

II. Generation.

3. (♀ (♀ *R. alba* + ♂ *R. cyanea*) + ♂ *R. alba*) weiss × *R. dulcis* . „ 81, p. 102
4. (♀ (♀ *R. alba* + ♂ *R. cyanea*) + ♂ *R. alba*) blau × *R. dulcis* . . „ 82, p. 102

III. *R. cyanea* + *R. rubra.*

I. Generation.

1. ♀ *R. cyanea* + ♂ *R. rubra* . . . „ 83, p. 102
2. (♀ *R. rubra* + ♂ *R. cyanea*) a. schwarz „ 84, p. 103
3. „ „ b. roth „ 85, p. 104
4. (♀ *R. rubra* + ♂ *R. cyanea*) × *R. alba* „ 86, p. 104

IV. *R. rubra* + *R. vulgata.*

I. Generation.

1. ♀ *R. rubra* + ♂ *R. vulgata* . . . „ 87, p. 105
2. ♀ *R. vulgata* + ♂ *R. rubra* a. . . „ 88, p. 106
„ „ b. . . „ 89, p. 107

II. Generation.

3. (♀ *R. vulgata* + ♂ *R. rubra*) weiss „ 90, p. 107
4. (♀ *R. vulgata* + ♂ *R. rubra*) gelb . „ 91, p. 107
5. (♀ *R. vulgata* + ♂ *R. rubra*) a. tiefroth „ 92, p. 107
6. „ „ b. hellroth „ 93, p. 108
7. (♀ *R. vulgata* + ♂ *R. rubra*) a. hellgelb „ 94, p. 109
8. „ „ b. tiefgelb „ 95, p. 109

V. *R. Philippi* + *R. rubra.*

1. *R. alba* × (♀ *R. rubra* + ♂ *R. Philippi*) „ 96, p. 110

VI. *R. cyanea* + *R. vulgata.*

I. Generation.

1. ♀ *R. vulgata* + ♂ *R. cyanea* . . „ 97, p. 110
2. (♀ *R. vulgata* + ♂ *R. cyanea*) × *R. vulgata* . . . . . „ 98, p. 112
3. *R. alba* × (♀ *R. vulgata* + ♂ *R. cyanea*) „ 99, p. 112

II. Generation.

4. (♀ *R. vulgata* + ♂ *R. cyanea*) weiss „ 100, p. 114
5. (♀ *R. vulgata* + ♂ *R. cyanea*) gelb „ 101, p. 114
6. (♀ *R. vulgata* + ♂ *R. cyanea*) blauweiss . . . . . Vers. 102, p. 115
7. (♀ *R. vulgata* + ♂ *R. cyanea*) blaugelb . . . . . „ 103, p. 115

VII. *R. alba* + *R. nana.*

I. Generation.

1. ♀ *R. alba* + ♂ *R. nana* . . . . „ 104, p. 116

II. Generation.

2. (♀ *R. alba* + ♂ *R. nana*) gelb . . „ 105, p. 117
3. (♀ *R. alba* + ♂ *R. nana*) weiss . . „ 106, p. 118

VIII. *R. dulcis* + *R. rubra.*

I. Generation.

1. (♀ *R. rubra* + ♂ *R. dulcis*) × *R. dulcis* . . . . . „ 107, p. 119

II. Generation.

2. (♀ (♀ *R. rubra* + ♂ *R. dulcis*) + ♂ *R. dulcis*) weiss, runzelig × *R. dulcis* . . . . . „ 108, p. 120
3. (♀ (♀ *R. rubra* + ♂ *R. dulcis*) + ♂ *R. dulcis*) weiss, glatt × *R. dulcis* . . . . . „ 109, p. 120
4. (♀ (♀ *R. rubra* + ♂ *R. dulcis*) + ♂ *R. dulcis*) roth, runzelig × *R. dulcis* . . . . . „ 110, p. 120
5. (♀ (♀ *R. rubra* + ♂ *R. dulcis*) + ♂ *R. dulcis*) roth, glatt × *R. dulcis* . . . . . „ 111, p. 121

IX. *R. dulcis* + *R. vulgata.*

I. Generation.

1. ♀ *R. vulgata* + ♂ *R. dulcis* . . „ 112, p. 121

X. *R. coeruleodulcis* + *R. vulgata.*

I. Generation.

1. (♀ *R. vulgata* + ♂ *R. coeruleodulcis*) blau × *R. dulcis* . . . . . „ 113, p. 122
2. (♀ *R. vulgata* + ♂ *R. coeruleodulcis*) gelb × *R. dulcis* . . . . . „ 114, p. 123
3. (♀ *R. vulgata* + ♂ *R. coeruleodulcis*) blau × *R. coeruleodulcis* . . . „ 115, p. 124

IX. *R. acuminata* + *R. alba.*

1. (♀ *R. alba* + ♂ *R. acuminata*) dunkelgelb × *R. alba* . . . . . „ 116, p. 124
2. (♀ *R. alba* + ♂ *R. acuminata*) hellgelb × *R. alba* . . . . . „ 117, p. 126

II. Tripelbastarde.

XII. *R. alba* + *R. cyanea* + *R. dulcis.*

♀ (♀ *R. cyanea* + ♂ *R. alba*) + ♂ *R. dulcis.*

I. Generation.

1. (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) weiss . Vers. 118, p. 126
2. (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau . „ 119, p. 127
3. (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) weiss × (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau . „ 120, p. 127
4. (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau × (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) weiss . „ 121, p. 129
5. (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) weiss × *R. alba* . . . . . „ 122, p. 131
6. (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau × *R. alba* . . . . . „ 123, p. 131
7. *R. alba* × (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) weiss . . . . . „ 124, p. 132
8. *R. alba* × (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau . . . . . „ 125, p. 132

II. Generation.

a. Nachkommenschaft von Vers. 118.

9. ((♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) weiss) weiss, glatt . . . . . „ 126, p. 132
10. ((♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) weiss) weiss, runzelig . . . . . „ 127, p. 133

b. Nachkommenschaft von Vers. 119.

11. ((♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau) blau, glatt . . . . . „ 128, p. 133
12. ((♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau) weiss, glatt . . . . . Vers. 129, p. 133
13. ((♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau) blau, runzelig . . . . . „ 130, p. 133
14. ((♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau) weiss, runzelig . . . . . „ 131, p. 133

c. Nachkommenschaft von Vers. 120.

15. ((♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) weiss + (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau) blau, glatt × *R. alba* . . . . . „ 132, p. 134
16. ((♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) weiss + (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau) weiss, glatt × *R. alba* . . . . „ 133, p. 134
17. ((♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) weiss + (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau) blau, runzelig × *R. alba* . . . . „ 134, p. 134
18. ((♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) weiss + (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau) weiss, runzelig × *R. alba* . . . „ 135, p. 134

d. Nachkommenschaft von Vers. 121.

19. (♀ (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau + *R. alba*) weiss × *R. alba* . . „ 136, p. 134
20. (♀ (♀ (♀ *c.* + ♂ *a.*) + ♂ *d.*) blau + *R. alba*) blau × *R. alba* . . . „ 137, p. 134

X. Abschnitt. Das Verhalten der einzelnen Merkmale einer Kategorie zu einander bei den Bastarden. I. Die Form der Körner p. 135. — II. Die Grösse der Körner p. 136. — III. Die Farbe der Fruchtschale p. 136. — IV. Die Farbe des Endosperms p. 137. — V. Die Farbe der Kleberschicht p. 138. — VI. Die chemische Beschaffenheit des Reservematerials im Endosperm p. 140. — VII. Die physikalische Beschaffenheit des Endosperms p. 141. — VIII. Die Form der Kleberzellen p. 142. — IX. Das Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm p. 142. — Das absolute Gewicht des Embryo p. 142. — Die Grösse der Pflanze. — Die Grösse der Kolben. — Angaben aus der Litteratur p. 143. — Uebersicht p. 143 . . . . . p. 135

XI. Abschnitt. Die Ergebnisse der Bastardirungsversuche. I. Das Verhalten der Merkmale einer Kategorie bei der Entfaltung p. 144. — II. Das Verhalten der Merkmale bei der Bildung der Keimzellen p. 145. — Weitere Sätze p. 145. — Zusatz zu Satz 11 (der Zeitpunkt der Spaltung bei schizogonen Anlagenpaaren) p. 146 . . . . . p. 144

XII. Abschnitt. Die allgemeinen Ergebnisse . . . . . p. 147

Litteraturverzeichniss . . . . . p. 155

Figurenerklärung zu Taf. I und II . . . . . p. 159

I. Abschnitt.

Einleitung. Das Verhalten der Merkmale der Eltern beim Bastard.

Selbständige und unselbständige Merkmalskategorien. Ganz unselbständige, halb selbständige, selbständige und conjugirte Merkmale. — Verhalten der Merkmale aus derselben Kategorie bei der Entfaltung während der vegetativen Entwicklung (homodyname und heterodyname Paare) und bei der Keimzellbildung des Bastardes (homöogone und schizogone Paare). Pisum-Typus, Zea-Typus, Hieracium-Typus der Merkmalspaare, ihr Verhalten in der ersten und den folgenden Generationen; Bastardirung mit den Eltern, Tripelbastarde. — Der Spaltungsmodus der Anlagen bei der Bildung der Keimzellen.

1. Wir können die Merkmale, durch die sich die Sippen[1]) unterscheiden, in **Kategorien** bringen: die Merkmale jeder Kategorie beziehen sich auf einen bestimmten Punkt, z. B. die Farbe der Fruchtschale, des Endosperms, die Grösse der Frucht u. s. w.; jede Sippe liefert ein Merkmal für die Kategorie, das gleich oder verschieden von dem einer andern Sippe sein kann.

Manchmal bilden zwei oder mehr Merkmale bei derselben Sippe zusammen ein scheinbar einheitliches Merkmal. Das ist nicht immer so deutlich, wie bei einer ziegelrothen Blüthenfarbe, die durch rothen Zellsaft und gelbe Chromatophoren hervorgebracht wird, oder bei der Farbe des ganzen Maiskornes, wo z. B. „schwarz" durch das Zusammenwirken einer rothen Fruchtschale, einer blauen Kleberschicht und eines gelben oder weissen Endosperms zu Stande kommt. Für das Studium der Vererbung müssen solche scheinbar einfachen Merkmale soweit als möglich zerlegt werden. Dies ist in neuester Zeit besonders von De Vries betont worden (z. B. 900, b, p. 89), wurde aber wohl schon von jeher nach Kräften gethan; wie weit es gelingt, hängt vom Stande unseres Wissens ab.

In anderen Fällen bilden mehrere Merkmale von verschiedenen Sippen eine scheinbar einheitliche Kategorie. Am auffälligsten ist das bei der Kategorie: „Form" der Körner. Hier können wir zunächst, wenn wir nur die Extreme berücksichtigen, runde glatte, ganz runzlige, an der Spitze runzlige und spitzige Körner unterscheiden. Wir merken aber bald, dass darunter zwei Kategorien stecken, nach der Umrissform: 1) runde und spitze, nach der Beschaffenheit der Oberfläche, 2) glatte und runzlige. Bei weiterem Zusehen findet man dann, dass diese zweite Kategorie wieder zerlegt werden muss, je nachdem 2)a die chemische Beschaffenheit des Endosperms (ganz runzlige Körner) oder 2)b die physikalische Beschaffenheit des Endosperms das Runzligwerden bedingt. Körner mit

[1]) Ich gebrauche hier und im Folgenden mit Naegeli (884, p. 10) das Wort „Sippe" dann, wenn es unentschieden bleiben soll, ob es sich bei einer „systematischen Einheit" um eine Art, eine Varietät, eine Rasse etc. handelt.

ganz wenig mehligem Endosperm gehen ebenfalls auf zweierlei Weise aus solchen mit dem gewöhnlichen Verhältniss von mehligem und glasigem Endospermtheil hervor, etc.

Man kann des „Zerlegens“ auch zu viel thun; auch die einfachste Blattform können wir uns nicht durch eine Anlage für die „Breite“ und eine Anlage für die „Länge“ vererbt denken.

2. Nach dem gegenseitigen Verhalten der Merkmale bei derselben Sippe kann man selbstständige und abhängige Merkmale unterscheiden (und folglich nach dem gegenseitigen Verhalten der Kategorien in einer Sippengruppe selbständige und abhängige Kategorien).

I. Unter den abhängigen Merkmalen lassen sich wieder unterscheiden: ganz unselbständige und halbselbständige.

1) Das Auftreten der ganz unselbständigen Merkmale ist auf die Entfaltung der Anlage für ein Merkmal aus einer andern Kategorie zurückzuführen, es hat keine eigene Anlagen. Die Körner der Maisrasse *dulcis* unterscheiden sich von denen der Rasse *alba*:

1) Durch den grösseren Wassergehalt des reifen, aber noch nicht ausgetrockneten Kornes;
2) durch das Runzligwerden des Endosperms beim Austrocknen;
3) durch das geringere Gewicht des trockenen Kornes;
4) durch die mehr gelbliche Farbe und
5) durch die glasige Beschaffenheit des Endosperms, endlich
6) durch das grössere relative Gewicht des Embryos, dem Endosperm gegenüber.

Diese sechs Merkmale sind aber alle nur Folgeerscheinungen eines weiteren:

7) Der Ablagerung von Dextrin etc. im Endosperm, statt der Stärke.

2) Das Auftreten der halbselbständigen Merkmale ist auf die Entfaltung einer gemeinsamen Anlage, neben ihren eigenen Anlagen, zurückzuführen. Ein gutes Beispiel bieten die rothblühenden Erbsenrassen, die alle in den Blattachseln rothe Flecke haben, wie schon Mendel (866) wusste. Beide Merkmale (rothe Blüthenfarbe und rothe Flecke) besitzen eine gemeinsame Anlage, die zur Anthocyanbildung, brauchen aber noch besondere Anlagen, die den Ort, wo diese vor sich gehen soll, bestimmen. Solche halbselbständige Merkmale habe ich früher (900, **d**) weniger passend halbidentische (hemiidentische) genannt.

II. Unter den selbständigen Merkmalen lassen sich unterscheiden: freie und conjugirte. Zwei oder mehr selbständige Merkmale aus verschiedenen Kategorien, von denen jedes seine eigene Anlage besitzt, können sich im gegebenen Fall bei der Vererbung wie ein Merkmal verhalten. Ein sehr hübsches Beispiel liefern jene Levkojen-Sippen, die z. B. violette Blüthenfarbe und rauhaarige Blätter, gelbliche Blüthenfarbe und glatte, glänzende Blätter stets zusammen vererben (900, a, **d**).

Ganz unselbständige, halbselbständige und conjugirte Merkmale haben also das gemeinsam, dass sich eine Gruppe von Merkmalen bei der Vererbung wie eine Einheit verhält; sie können nicht immer unterschieden werden. Bei den ganz unselbständigen und den halbselbständigen findet man bei allen Sippen eines Verwandtschaftskreises in jeder Merkmalsgruppe stets dieselben Merkmale beisammen, bei den conjugirten bei den einen Sippen die einen, bei den andern die andern Merkmale. So giebt es ausser violettblühenden Levkojen mit rauhaarigen Blättern und gelblichblühenden mit glatten, glänzenden auch violettblühende Levkojen mit glatten, glänzenden Blättern und gelblichblühende mit rauhaarigen, während es keinen Zuckermais ohne glasiges Endosperm etc. giebt. Die ganz unselbständigen und die halbselbständigen unterscheiden sich endlich darin, dass für diese letzteren die eine, gemeinsame Anlage nicht genügt, beide Merkmale zur Entfaltung zu bringen.

Es kann also durch den Stand unserer Kenntnisse bedingt sein, dass wir zwei nicht trennbare Merkmale in die eine Klasse bringen, während sie eigentlich in die andere gehören würden. Nach dem Verhalten der meisten Rassen könnte man z. B. die Farbe der Fruchtschale und die der Klappen und Spelzen beim Mais (roth oder gelblichhyalin) als halbidentische Merkmale ansehen, gäbe es nicht die Rasse *erythrolepis* Bonaf. mit rothen Spelzen und Klappen und gelblichhyaliner Fruchtschale, so dass conjugirte Merkmale vorliegen. Deswegen darf man die drei Klassen doch nicht in einen Topf werfen.

3. Die Merkmale derselben Kategorie sind unter sich nur mehr quantitativ, resp. graduell, nicht mehr qualitativ verschieden, es handelt sich nur um ein Mehr oder Weniger derselben Eigenschaft. — Zwischen die extremen Merkmale, die wir bei zwei Sippen, I und II, finden, kann sich bei einer dritten, III, ein auf einer Mittelstufe stehendes einschieben etc. Ein gutes Beispiel dafür bietet die Färbung des Endosperms bei den Maisrassen, sie geht von Orange (*R. nana*) durch Gelborange (z. B. *R. vulgata*) und Hellgelb (*R. gilva*) bis (Gelblich-)Weiss (*R. alba*), in Folge der Ausbildung eines für die einzelne Rasse constanten, sonst verschiedenen Quantums desselben Farbstoffes. Solche Mittelstufen fehlen zuweilen, in die betreffende Kategorie gehört dann ein einziges Paar von Merkmalen, so ist es mit der chemischen Beschaffenheit des Endosperms.[1])

4. Zwei Sippen, die wir mit einander bastardiren, unterscheiden sich durch ein einziges Merkmalspaar, oder durch zwei, drei ... n Paare, aus einer Kategorie oder aus zwei, drei ... n Kategorien. Jedes Paar bezeichnen wir (mit Mendel) mit einem Buchstaben, den einen Paarling mit einem grossen (A, B...), den andern mit einem kleinen (a, b...). Wenn die Kategorien selbständig oder nur conjugirt sind, muss jedes Paar für sich untersucht werden. Wir fassen nun das Verhalten der Merkmale desselben Paares (dessen Paarlinge also von verschiedenen Sippen stammen) in's Auge. Es sind in erster Linie die Arbeiten Mendel's (866, 870), die hierin Klarheit gebracht haben; vorgearbeitet haben vor allem Sageret (826) und Naudin (864).

Wir unterscheiden zunächst bei dem Merkmalspaare A, a, dessen einer Paarling (A) also der Sippe I, dessen anderer Paarling (a) der Sippe II angehört, zwischen dem Verhalten während der vegetativen Entwicklung des Bastardes und dem Verhalten bei der Bildung der Keimzellen. Das eine hat gar nichts mit dem andern zu thun.

Bei der vegetativen Entwicklung kann man wieder zwei extreme Fälle unterscheiden. Im einen Fall verhindert die Gegenwart der Anlage des einen Merkmals (A) die des andern (a) ganz an der Entfaltung: der Bastard zeigt nur das Merkmal eines Elters (A), das aber in voller Stärke, das des andern Elters bleibt latent. Im andern Fall entfalten sich beide Merkmale neben einander; da sie nur quantitativ verschieden sind, muss eines das andere dabei herabsetzen: der Bastard zeigt ein neues, intermediäres Merkmal, das zwischen A und a steht, bald genau in der Mitte, bald näher dem Merkmal des einen oder des andern Elters, in extremen Fällen ihnen gleich kommend („faux hybrides" Millardet's, nicht De Vries'). Merkmalspaare der ersten Art habe ich **heterodynam** genannt (900, d) und Mendel (866, p. 11) das sich zeigende Merkmal dominirend, das latent bleibende recessiv, sie folgen der „Prävalenz-Regel"; Merkmalspaare der zweiten Art nannte ich **homodynam.**[2]) — Es unterliegt mir heute keinem Zweifel, dass beide Arten nicht principiell ver-

[1]) Nach Koernicke (885, I. p. 336) giebt es auch hier (in Peru) Mittelstufen.

[2]) Eine derartige kurze Bezeichnung war durchaus nötig. Die termini „homodynam" und „heterodynam" sind schon vorher von Weismann (892, p. 346) in anderem Sinne gebraucht worden, je nachdem die Anlagen einer Kategorie, die bei der Befruchtung zusammenkommen, gleich (A und A, a und a) oder ungleich (A und a) sind.

schieden sind.[1]) Sie kommen ausserdem neben einander unter den Merkmalspaaren desselben Bastardes vor.

Bei der Bildung der Keimzellen sind ebenfalls zwei Fälle zu unterscheiden. Im einen Fall tritt dabei eine Spaltung der Anlagen für die Merkmale auf, der Art, dass die Hälfte der Keimzellen des Bastardes nur mehr die Anlage für das Merkmal *A*, die Hälfte nur mehr die für das Merkmal *a* besitzt. Es gilt die „Spaltungsregel". Im andern Fall tritt keine Spaltung ein, die Anlagen bleiben (im selben gegenseitigen Verhältniss) in den Keimzellen des Bastardes beisammen, die also *A* und *a* enthalten. Merkmalspaare der ersten Art kann man **schizogon** (isogon nach De Vries, 900, **e**, p. 437) nennen, sie folgen der Spaltungsregel; solche der zweiten Art **homöogon** (anisogon nach De Vries).

Uebergänge sind beim selben Paare nicht denkbar, ausser in der Form, dass zuweilen die Spaltung eintritt, zuweilen unterbleibt. Solche Fälle hat neuestens De Vries für *Oenothera* beschrieben (900, **e**). Dagegen kommt es ganz allgemein vor, wie ich (900, **a**, **b**) für Mais und Erbsen gezeigt habe, dass das eine Merkmalspaar eines Bastardes homöogon, das andere schizogon ist. Auch hiefür hat De Vries neuerdings ein Beispiel beigebracht.

Das Verhalten während der vegetativen Entwicklung hat mit dem während der Bildung der Keimzellen durchaus nichts zu thun. Berücksichtigen wir bei jenem nur die Extreme, so können wir vier Combinationen unterscheiden:

	Vegetative Entwicklung:	Keimzellbildung:
1.	heterodynam.	schizogon.
2.	heterodynam.	homöogon.
3.	homodynam.	schizogon.
4.	homodynam.	homöogon.

Davon ist die erste und die letzte durch Mendel bekannt gemacht worden; er fand jene bei den Erbsenrassen — man könnte sie demnach den **Pisum-Typus** nennen[2]) — diese bei den Hieracien — sie mag der **Hieracium-Typus** heissen. Beispiele für die dritte liefern z. B. der Mais und die Levkojen — sie soll der **Zea-Typus** heissen — auf ihre Existenz wies ich (900, **a**, p. 160) hin.

Sicher ist, dass dieselben Merkmale, z. B. rothe und weisse Blüthenfarbe im einen Verwandschaftskreis homodyname, im andern heterodyname Paare bilden können (wahrscheinlich auch homöogone und schizogone[3]), ebenso, dass heterodyname Paare viel häufiger sind bei Bastarden naheverwandter Sippen als bei solchen entfernter verwandter (900, **a**, **d**).

Wir müssen nun das Verhalten der Merkmalspaare in der ersten und den folgenden Generationen des Bastardes bei den vier Typen verfolgen.

[1]) Das schönste Beispiel dafür werden wir später kennen lernen, wo die Anlage *A* mit der Anlage *a* zunächst ein homodynames Paar bildet, nach der „Abspaltung" im Bastard aber über das ebenfalls abgespaltene *a* fast dominirt.

[2]) Dem Pisum-Typus dürfte auch das Merkmalspaar Tanzen — Nichttanzen bei den Bastarden zwischen der weissen Hausmaus und der japanischen Tanzmaus folgen, wie ich aus v. Guaita's Angaben entnehme.

[3]) Nach De Vries (900, **e**) kann dasselbe Paar bei den selben zwei Sippen „isogon" und „anisogon" sein.

I. Typus (Pisum-Typus).

Das Merkmalspaar ist **heterodynam** und **schizogon.**

In der ersten Generation gleicht der Bastard ganz dem einen Elter, das das dominirende Merkmal (*A*) besitzt; das recessive Merkmal des andern Elters (*a*) ist latent. Der Bastard bildet 50 % der (♀ und ♂) Keimzellen mit der Anlage für das dominirende und 50 % mit der für das recessive Merkmal aus. Bringt der Zufall bei der Selbstbestäubung die Keimzellen zusammen.

$$A + A \qquad A + a \qquad a + A \qquad a + a$$

so kommt in der Hälfte der Fälle (50 %) Gleiches zu Gleichem, *A* zu *A* und *a* zu *a*, und zwar wieder gleich oft (25 % und 25 %) *A* zu *A* und *a* zu *a*; in der Hälfte der Fälle (50 %) Ungleiches, *A* zu *a* und *a* zu *A*. Wir haben also in der zweiten Generation von den Individuen

Klasse I. 25 % nur mit der dominirenden Anlage,
Klasse II. 50 % mit beiden Anlagen und
Klasse III. 25 % mit der recessiven Anlage.

Weil aber das Merkmalspaar heterodynam ist, sind die Individuen der II. Klasse von denen der I. nicht zu unterscheiden, alle zeigen das dominirende Merkmal, während die der Klasse III das recessive zeigen; äusserlich sind nur zwei Klassen von Individuen kenntlich:

(III.) 25 % mit dem recessiven,
(I, II.) 75 % mit dem dominirenden Merkmal.

Die Individuen der I. und III. Klasse geben bei Selbstbefruchtung in Zukunft nur mehr Nachkommen mit dem recessiven (Klasse III) und dem dominirenden Merkmal (Klasse I), sie besitzen ja die Anlage für das andere Merkmal nicht mehr; die Individuen der Klasse II verhalten sich dagegen genau wie die der ersten Generation, sie bilden zweierlei (♀ und ♂) Keimzellen, in gleicher Zahl: durch Selbstbestäubung entstehen wieder drei Klassen von Nachkommen im Zahlenverhältniss 1 : 2 : 1, von denen die I. und die II. äusserlich nicht unterschieden werden können, u. s. f.

Nachstehende Schemata sollen das Ausgeführte erläutern; es ist dabei angenommen worden, jedes Individuum habe 4 Nachkommen. *r* (= *A*) bezeichnet die Individuen mit recessivem, *d* (= *a*) jene mit dominirendem Merkmal, *A.* giebt das thatsächliche Verhalten, *B.* seine Erklärung.

Tabelle 1.

A.

Eltern	Bastard				
	I. Gen.	II. Gen.	III. Gen.	IV. Gen.	V. Gen.
r		.. 1 *r* ..	.. 4 *r* ..	.. 16 *r* ..	... 64 *r*
			2 *r* ..	.. 8 *r* ..	... 32 *r*
				.. 4 *r* ..	... 16 *r*
					... 8 *r*
	d ...	2 *d* .	4 *d* .	8 *d* .	16 *d*
				12	24 8 *d*
		3	6	4 *d* ..	... 16 *d*
			2 *d* ..	.. 8 *d* ..	... 32 *d*
d		1 *d* ..	.. 4 *d* ..	.. 16 *d* ..	... 64 *d*

B.

Eltern	Bastard				
	I. Gen.	II. Gen.	III. Gen.	IV. Gen.	V. Gen.
rr		1 *rr* ..	4 *rr* ..	16 *rr* ...	64 *rr*
			2 *rr* ..	8 *rr* ...	32 *rr*
				4 *rr* ...	16 *rr*
					8 *rr*
	rd	2 *rd* .	4 *rd* .	8 *rd* ..	16 *rd*
					8 *rr*
				4 *dd* ...	16 *dd*
			2 *dd* ..	8 *dd* ...	32 *dd*
dd		1 *dd* ..	4 *dd* ..	16 *dd* ...	64 *dd*

Unterscheiden sich die Eltern des Bastardes in zwei heterodynamen, schizogonen Merkmalspaaren, so zeigen die Individuen in der ersten Generation wieder alle die zwei dominirenden Merkmale, und sehen, wenn beide derselben Elternsippe angehörten, dieser völlig gleich.

Bei der Bildung der Keimzellen trennen sich die Anlagen für die Merkmale wieder, 50 % erhalten die für das Merkmal A, 50 % die für das Merkmal a vom Paare 1 und, ganz unabhängig davon, 50 % die für das Merkmal B, 50 % die für das Merkmal b vom Paare 2. Die völlige gegenseitige Unabhängigkeit der Paare bedingt es dann, wie man leicht einsieht, dass viererlei (♀ und ♂) Keimzellen entstehen:

25 % mit den Anlagen für die Merkmale A und B,
25 % „ „ „ „ „ „ A „ b,
25 % „ „ „ „ „ „ a „ B,
25 % „ „ „ „ „ „ a „ b.

Findet nun Selbstbestäubung statt, und bringt der Zufall die Keimzellen zusammen, so treten 16 unter sich gleich häufige Fälle ein (die ♀ Keimzelle steht stets voraus):

$A, B + A, B = \mathbf{A, B_1}$	$A, b + A, B = \mathbf{A, B_1}$	$a, B + A, B = \mathbf{A, B_1}$	$a, b + A, B = \mathbf{A, B_{(1)}}$
$A, B + A, b = \mathbf{A, B_{(1)}}$	$A, b + A, b = \mathbf{A, b_{(2)}}$	$a, B + A, b = \mathbf{A, B_{(1)}}$	$a, b + A, b = \mathbf{A, b_{(2)}}$
$A, B + a, B = \mathbf{A, B_1}$	$A, b + a, B = \mathbf{A, B_1}$	$a, B + a, B = \mathbf{a, B_1}$	$a, b + a, B = \mathbf{a, B_1}$
$A, B + a, b = \mathbf{A, B_{1}}$	$A, b + a, b = \mathbf{A, b_2}$	$a, B + a, b = \mathbf{a, B_1}$	$a, b + a, b = \mathbf{a, b_{1}}$

Es ist gleich angegeben, wie das Individuum in der zweiten Generation aussehen wird; es lassen sich äusserlich **4** Klassen von Individuen (1, 2, 3, 4) unterscheiden. Die erste wird von 9 Fällen gebildet: die Nachkommen zeigen beide dominirende Merkmale (A, B). Die zweite und die dritte werden von je 3 Fällen gebildet: die Nachkommen zeigen je ein dominirendes und ein recessives Merkmal (A, b oder a, B). Die vierte besteht nur aus einem Fall und die Nachkommen besitzen die beiden recessiven Merkmale (a, b). In der Individuenzahl verhalten sich die vier Klassen demnach wie 9 : 3 : 3 : 1.

In Wirklichkeit liegen jedoch **9** Klassen vor, vier davon enthalten je einen Fall: 1) A, A, B, B; 2) A, A, b, b; 3) a, a, B, B; 4) a, a, b, b; vier je zwei Fälle: 5) A, A, B, b; 6) A, a, B, B; 7) A, a, b, b; 8) a, a, B, b; und eine umschliesst gar vier: 9) A, a, B, b. Die Nachkommen dieser letzten (9ten) werden sich (als dritte Gener.) genau so verhalten, wie die der ersten Gener. (als zweite), sie werden viererlei Keimzellen bilden etc. Die Nachkommen der vier anderen von der zweiten Klassengruppe (5, 6, 7, 8) bilden nur zweierlei Keimzellen, es enthält ja jede Klasse nur mehr ein heterodynames Anlagenpaar: 5) (A, B und A, b) B, b; 6) (A, B und a, B) A, a; 7) (A, b und a, b) A, a; 8) (a, B und a, b) B, b. Die Nachkommen der vier ersten Klassen (1, 2, 3, 4) dagegen bilden nur einerlei Keimzellen, geben also bei Selbstbestäubung eine constante Nachkommenschaft; von jedem Paare ist ja nur mehr eine Anlage, die dominirende oder die recessive, vorhanden.

Nun wird man selber ableiten können, wie sich der Bastard verhält, dessen Eltern sich in drei heterodynamen, schizogonen Merkmalspaaren (A, a; B, b; C, c) unterscheiden. Er ist in der ersten Generation auch einförmig, bildet achterlei Keimzellen (A, B, C; A, B, c; A, b, C; A, b, c; a, B, C; a, B, c; a, b, C; a, b, c), von jeder Sorte gleich viel:

12,5 % mit den Anlagen für die Merkmale A, B, C
12,5 % „ „ „ „ „ „ A, B, c etc.

Bei Selbstbestäubung treten 64 unter sich gleich häufige Fälle ein:

$A, B, C + A, B, C = \mathbf{A, B, C}$, $\quad A, B, c + A, B, C = \mathbf{A, B, C}$
$A, B, C + A, B, c = \mathbf{A, B, C}$, $\quad A, B, c + A, B, c = \mathbf{A, B, C}$ etc.
$A, B, C + A, b, C = \mathbf{A, B, C}$, etc.

In Folge davon entstehen 8 äusserlich unterscheidbare Klassen von Individuen (A, B, C; A, B, c; A, b, C; a, B, C; A, b, c; a, B, c; a, b, C; a, b, c), die sich nach der Individuenzahl wie 27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1 verhalten, während eigentlich 17 verschiedene Klassen unterschieden werden müssen, von denen 8, je aus einem Fall bestehende, (also je $\frac{100}{64} = 1.5625\,\%$ ausmachende) bei Selbstbestäubung eine constante Nachkommenschaft geben etc. etc.

Allgemein kann man sagen: Unterscheiden sich die Eltern in n Merkmalspaaren, so bildet der Bastard Keimzellen von 2^nerlei Art, die alle möglichen Combinationen darstellen, von jeder gleich viel, und die zweite Generation lässt 2^nerlei Individuen äusserlich unterscheiden.

Selbst wenn die Bastarde so fruchtbar sind, wie die reinen Sippen, und sich selbst befruchten, muss, so lange durch eine nur vom Zufall abhängige Selection die Individuenzahl eines Standortes die gleiche bleibt, die Zahl der Bastarde abnehmen, wie schon Mendel fand. Unterscheiden sich die Stammsippen nur durch ein Merkmalspaar, so verschwindet die Bastardform am raschesten, in der zweiten Generation macht sie 50 %, in der dritten 25 %, in der vierten 12.5 %, in der fünften 6.25 %, in der $n$ten $\frac{100}{2^{n-1}}$ % aller in der ersten Generation vorhandenen Bastardindividuen aus. Dass dies Verhalten von Bedeutung für die Frage ist, ob aus Bastarden Arten werden können, ist klar.

Ebenso leicht lässt sich voraussagen, was geschehen muss, wenn der Bastard, statt mit eigenem Pollen, mit dem eines seiner Eltern bestäubt wird. Unterscheiden diese sich durch ein einziges Merkmalspaar, und wird der Pollen des Elters benützt, das das dominirende Merkmal besitzt, so bekommen von den Individuen der zweiten Generation:

50 % die Anlage für das dominirende allein ($A + A$),
50 % die Anlagen für das dominirende und das recessive Merkmal ($a + A$).

Die beiden Klassen sind äusserlich nicht zu unterscheiden.

Wird dagegen der Pollen des Elters mit dem recessiven Merkmal verwandt, so erhalten von den Individuen der zweiten Generation:

50 % die Anlage für das recessive allein ($a + a$),
50 % die Anlagen für das dominirende und das recessive Merkmal ($A + a$).

Die beiden Klassen sind hier schon äusserlich zu unterscheiden, bei der einen sehen wir nur das dominirende, bei der andern nur das recessive Merkmal.

Das Resultat ist natürlich ganz das gleiche, wenn wir die Elternsippen, die mit dem dominirenden und die mit dem recessiven Merkmal, mit dem Pollen des Bastardes bestäuben.

Unterscheiden sich die Elternsippen in zwei Merkmalspaaren, so ist es natürlich von Einfluss, ob dieselbe Sippe beide dominirenden Merkmale besitzt, oder die eine Sippe das des Paares 1, die andere das des Paares 2. Bei Benützung der schon früher verwendeten Bezeichnungen haben wir:

Elternsippen: $A\,B$ und $a\,b$.		Elternsippen: $A\,b$ und $a\,B$.	
$A,B + A,B = \boldsymbol{A,B}$	$A,B + a,b = \boldsymbol{A,B}$	$A,B + A,b = \boldsymbol{A,B}$	$A,B + a,B = \boldsymbol{A,B}$
$A,b + A,B = \boldsymbol{A,B}$	$A,b + a,b = \boldsymbol{A,b}$	$A,b + A,b = \boldsymbol{A,b}$	$A,b + a,B = \boldsymbol{A,B}$
$a,B + A,B = \boldsymbol{A,B}$	$a,B + a,b = \boldsymbol{a,B}$	$a,B + A,b = \boldsymbol{A,B}$	$a,B + a,B = \boldsymbol{a,B}$
$a,b + A,B = \boldsymbol{A,B}$	$a,b + a,b = \boldsymbol{a,b}$	$a,b + A,b = \boldsymbol{A,b}$	$a,b + a,B = \boldsymbol{a,B}$
100 % AB	**25 % A,B**	**50 % A,B**	**50 % A,B**
	25 % A,b	**50 % A,b**	**50 % a,B**
	25 % a,B		
	25 % a,b		

Die Zahl der äusserlich unterscheidbaren Individuenklassen schwankt also zwischen einer und vier; innerlich verschieden sind stets vier. Es würde zu weit führen, sollte für jede einzelne Klasse gezeigt werden, wie sich ihre Nachkommenschaft bei Selbstbestäubung verhält, es mag nur bemerkt werden, dass je eine Klasse von den vieren eine unveränderte Nachkommenschaft giebt.

Auch für den Fall, dass die Elternsippen sich in drei Merkmalspaaren unterscheiden, lässt sich das Verhalten des „rückkehrenden" Bastardes leicht feststellen. Wird er z. B. mit dem Pollen einer Elternsippe bestäubt, die alle drei recessiven Merkmale in sich vereinigt, so erhält man acht Klassen von Individuen:

$A,B,C + a,b,c = \boldsymbol{A,B,C}$	$A,b,c + a,b,c = \boldsymbol{A,b,c}$	$a,b,C + a,b,c = \boldsymbol{a,b,C}$
$A,B,c + a,b,c = \boldsymbol{A,B,c}$	$a,B,C + a,b,c = \boldsymbol{a,B,C}$	$a,b,c + a,b,c = \boldsymbol{a,b,c}$,
$A,b,c + a,b,c = \boldsymbol{A,b,c}$	$a,B,c + a,b,c = \boldsymbol{a,B,c}$	

von denen jede gleich gross ist, also 12,5 % der Gesammtzahl der Individuen umfasst.

Unterscheiden sich die Eltern nur in einem Merkmalspaare und wird der Bastard, statt mit dem eigenen Pollen oder dem einer der Elternsippen, mit dem einer dritten Sippe bestäubt, so entsteht doch unter keinen Umständen ein Tripelbastard, sondern nur zwei einfache Bastarde, der Individuenzahl nach gleich viel von jedem.

Nehmen wir an, die dritte Sippe unterscheide sich von den beiden ersten durch ein weiteres, derselben Merkmalskategorie angehöriges Merkmal (a, gegenüber A und a), so entstehen zwei Verbindungen $A + a$ und $a + a$; ihr Aussehen hängt davon ab, ob a über A und a, oder nur über a, oder über keines von beiden dominirt. Die Nachkommenschaft jener wird nichts mehr von a, die Nachkommenschaft von dieser nichts mehr von A zeigen.

Nehmen wir an, die dritte Sippe (III) unterscheide sich von den beiden ersten (I, II) in einer andern Merkmalskategorie, in der jene (I, II) unter sich übereinstimmen, während sie selbst (III) in der Kategorie, in der sich jene (I, II) unterscheiden, mit der einen (I) oder andern (II) von ihnen übereinstimmt, so entstehen wieder zwei Verbindungen, deren Aussehen davon abhängt, wie die dominirenden Merkmale vertheilt sind. Besitzen z. B. die Eltern des Bastardes die Merkmale $A\,b$ und $a\,b$, und die dritte Sippe die Merkmale $a\,B$, so entsteht aus der Verbindung $A\,b + a\,B$ zunächst $\boldsymbol{AB}$ und aus der Verbindung $a\,b + a\,B$ $\boldsymbol{aB}$; besässe die dritte Sippe die Merkmale $A\,B$, so entstünde $\boldsymbol{AB}$ und $\boldsymbol{AB}$, zwei äusserlich gleiche Producte. Von den Merkmalen der ersten Kategorie wird in den weiteren Generationen immer nur eines auftreten.

II. Typus.

Das Merkmalspaar ist **heterodynam** und **homöogon.**

In der ersten Generation gleicht der Bastard ganz dem einen Elter, dem, das das dominirende Merkmal besitzt; die zweite Generation und die folgenden gleichen ganz der ersten.

III. Typus (Zea-Typus).

Das Merkmalspaar ist **homodynam** und **schizogon.**

In der ersten Generation steht der Bastard zwischen den Eltern, indem er genau die Mitte hält oder sich dem einen oder andern nähert, wobei er sich in allen Individuen gleich verhält oder stark variirt. A und a geben $\mathfrak{A}$, ausnahmsweise geben sie A und a („faux hybrides“ Millardet's, nicht De Vries'). Der Bastard bildet aber zweierlei (♀ und ♂) Keimzellen, 50 % besitzen nur mehr die Anlage für das Merkmal A, 50 % nur mehr die Anlage für das Merkmal a, und wir erhalten bei Selbstbestäubung:

$$A + A = A \quad A + a = \mathfrak{A} \quad a + A = \mathfrak{A} \quad a + a = a,$$

jeden Fall gleich oft.

Es giebt also hier, wie beim Pisum-Typus, dreierlei Klassen von Individuen:

Klasse I. 25 % mit den Anlagen für das Merkmal A,
Klasse II. 50 % mit den Anlagen für beide Merkmale A, a,
Klasse III. 25 % mit den Anlagen für das Merkmal a,

nur dass man hier, weil das Merkmalspaar homodynam ist, alle drei Klassen auch schon äusserlich unterscheiden kann.

Auch das weitere Verhalten ist ganz das gleiche wie beim Pisum-Typus: die Nachkommenschaft von Klasse I und III ist bei Selbstbestäubung ganz gleichförmig und zeigt nur mehr ein Merkmal, die von Klasse II spaltet sich wieder, genau, wie wir das eben für die erste Generation sahen, u. s. w. Ganz entsprechend ist auch das Verhalten, wenn sich die Stammsippen in zwei, drei oder mehr derartigen Merkmalspaaren unterscheiden, ferner das bei der Rückkreuzung mit stammelterlichem Pollen und das bei der Bestäubung der Stammsippen mit Bastardpollen. Es werden dabei zeigen:

50 % der Nachkommen nur mehr das Merkmal A oder a, je nachdem die eine oder die andere Stammsippe benützt wurde,
50 % der Nachkommen das intermediäre Verhalten $\mathfrak{A}$, gleichgültig, ob die eine oder die andere Stammsippe verwendet wurde, etc.

Auch die Zahl der Bastarde nimmt in der folgenden Generation, auch bei Selbstbefruchtung und trotz vollständiger Fruchtbarkeit, so rapid ab, wie beim Pisum-Typus.

IV. Typus (Hieracium-Typus).

Das Merkmalspaar ist **homodynam** und **homöogon.**

In der ersten Generation steht der Bastard zwischen den Eltern, indem er entweder genau die Mitte hält, oder sich dem einen oder andern Elter nähert, in allen Individuen gleichmässig, oder

stark variirend. A und a geben $\mathfrak{A}$. Als Extrem ist beobachtet worden, dass die einen Individuen $= A$, die andern $= a$ waren (Millardet, 894).

In der zweiten und den folgenden Generationen ist der Bastard gleichförmig; variirt er in der ersten, so ist, bei Selbstbestäubung, die Nachkommenschaft jedes Individuums unter sich und dem Elter gleich.

5. Wie erfolgt nun beim Bastard die Spaltung der Anlagen bei der Bildung der Keimzellen? Hierüber kann man sich wenigstens eine Vorstellung zu machen versuchen.

Im einfachsten Fall haben wir im Bastard nur ein schizogones Anlagenpaar. Das Zahlenverhältniss 1 : 1, in dem die Keimzellen mit der Anlage A und jene mit der Anlage a auftreten, spricht, wie ich seinerzeit (900, **a**, p. 164, **b**, Sp. 232) hervorgehoben habe, dafür, „dass die Trennung bei einer Kerntheilung, der qualitativen Reductionstheilung Weismann's (892, p. 392) erfolgt." Ich wollte damit nicht sagen, sie erfolge durch eine Theilung, bei der die Chromosomen quer statt längs halbirt würden. Das qualitativ war rein physiologisch gemeint; ob die Kerntheilung in der von Weismann angenommenen Weise vom gewöhnlichen Verhalten abweicht oder nicht, hat meines Erachtens nichts damit zu thun, was ich freilich besser ausdrücklich gesagt hätte. Auf keinen Fall darf man, wenn andere Gründe dafür sprechen, mit Strasburger (900, **b**, p. 768), aus der Nichtexistenz dieses Theilungsmodus, — dessen Annahme von einer ganz bestimmten Vorstellung über die Vereinigung der elterlichen Iden ausging, die jedoch nicht die einzig mögliche ist —, auf die Nichtexistenz einer Theilung mit derartigem Resultat schliessen.

Strasburger hat des Weiteren eingewendet, dass bei der Ausbildung des ♀ Sexualapparates, auf die ich die Spaltung verlegte, nach jeder Theilung immer eine der beiden Zellen (die Schwesterzelle des Embryosacks) und damit einer der beiden Kerne (der mit der Anlage A, oder der mit der Anlage a) zu Grunde gehe, und dasselbe gilt, wie ich gleich selbst hinzufügen will, auch für die Ausbildung des ♂ Sexualapparates, wo nach meiner Annahme (900, **b**, Sp. 232) der generative Kern im Pollenkorn die eine, der Mutterkern der zwei generativen Kerne die andere Anlage erhält. „Nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung können auf solche Weise erst sehr hohe Zahlen eine Beziehung verrathen, wie sie schon bei kleinen Zählungen von Nachkommen der Rassenbastarde sich ergeben" (Strasburger, l. c. p. 768). Ich hatte mir diesen Einwand selbst gemacht, ihn aber fallen lassen. Strasburger überschätzt offenbar die Genauigkeit, mit der die berechneten Zahlen mit den beobachteten übereinstimmen, solang diese letzteren klein sind; meine diesbezüglichen Angaben (900, **a**, p. 163) sind ihm, wie es scheint, entgangen.

Ein zweites Argument dafür, dass die Spaltung bei einer Kerntheilung erfolgt, glaube ich darin sehen zu dürfen, dass sie so vollkommen, man möchte sagen „reinlich", erfolgt, was für eine vollständige Beseitigung des anderen Paarlings spricht. Rückschläge kommen bei den Individuen, die aus zwei gleichartigen Keimzellen (mit dominirenden oder recessiven Anlagen) entstanden sind, nach Mendel's Versuchen und meinen eigenen mit Erbsenrassen nie vor. Dass nach der Spaltung die Stärke der Anlagen eine andere sein kann, als vorher (Abschnitt X, XII), liefert keinen stichhaltigen Einwand.

Es ist nicht zu vergessen, dass die Annahme, die Spaltung erfolge bei einer Kerntheilung, wirklich etwas erklärt: das Zahlenverhältniss 1 : 1, wenn man annimmt, die Chancen, erhalten zu bleiben, seien für beide Theilungsproducte gleich gross, $^1/_2$ (wie die Chancen, dass bei der Befruchtung gleichartige oder ungleichartige Keimzellen zusammen kommen); während das Zustandekommen

des Verhältnisses 1 : 1 durch „correlative Einflüsse" ein Räthsel mehr aufgiebt. — Falls sich einmal herausstellen sollte, dass das Verhältniss $A : a$ in bestimmten Fällen constant von 1 : 1 abwiche (900, **d**, p. 104 Anm.; De Vries 900, **e**), so müsste man blos annehmen, die Anlagen, und damit die Producte der Kerntheilung, hätten ungleiche Chancen, erhalten zu bleiben.

Die, beiden Eltern gemeinsamen Merkmale bieten keine Schwierigkeiten; diese Paare mit gleichen Paarlingen können ebenfalls gespalten werden, die Folgen würden sich nur nicht äusserlich bei den Nachkommen zeigen. Auch Bastarde mit lauter homöogonen Paaren verursachen keine.

Viel schwieriger wird das Problem, wenn wir statt eines Bastardes, dessen Eltern sich durch ein einziges schizogones Merkmalspaar unterscheiden, einen Bastard betrachten wollen, dessen Eltern durch zwei, drei oder mehr schizogone Paare differiren, wo nach der Spaltung alle möglichen Combinationen der Anlagen in gleicher Zahl auftreten, bei vier Paaren Aa, Bb, Cc, Dd, also $ABCD$, $aBCD$, $abCD$, u. s. w. Hier müssen wir annehmen, diese Anlagen seien schon vor der Theilung in den Kernen räumlich verschieden gelagert, in all den Combinationen, die wir nachher finden, und alle Sorten von Kernen seien gleich häufig. Jede Anthere enthält Pollenkörner mit den verschiedensten Anlagencombinationen. Alle ihre Kerne stammen von einem oder einigen wenigen gleichartigen Kernen ab, die Umlagerung muss also in einer gewissen, relativ kurzen Zeit geschehen, vielleicht kurz vor der Spaltung. Stellen wir uns vor, die Anlagen der Sippe I: $ABCD$, und die der Sippe II: $abcd$, kämen bei der Kernvereinigung in Kettenform neben einander zu liegen: $\begin{smallmatrix}ABCD.\\abcd.\end{smallmatrix}$ In diesem Zustand trennt die Längsspaltung nur die zusammengehörigen Anlagenpaare: $\begin{smallmatrix}ABCD\\abcd\end{smallmatrix}$ wieder (zygolyte Spaltung 900, **d**); würden vorher aber die Glieder der Ketten getrennt, A von B, B von C, a von b, b von c etc. (seirolyte Spaltung 900, **d**), würden die Anlagen desselben Paares ihre Stellen in den Ketten vertauschen können, und würde dabei das vom Zufall abhängige Endresultat das sein, dass in $^1/_{16}$ der Fälle die Lage die gleiche bliebe: $\begin{smallmatrix}ABCD\\abcd\end{smallmatrix}$, in $^1/_{16}$ blos A mit a getauscht hätte: $\begin{smallmatrix}aBCD\\Abcd\end{smallmatrix}$ in $^1/_{16}$ B mit b: $\begin{smallmatrix}AbCD\\aBcd\end{smallmatrix}$, in $^1/_{16}$ A mit a und B mit b: $\begin{smallmatrix}abCD\\ABcd\end{smallmatrix}$ u. s. w., so würden bei der nun folgenden (zygolyten) Längsspaltung die Theilketten $ABCD$ und $abcd$, $aBCD$ und $Abcd$, $AbCD$ und $aBcd$, $abCD$ und $ABcd$ etc. entstehen.

Die grösste Schwierigkeit bildet, wie mir scheint, die Thatsache, dass das Keimplasma schizogone **und** homöogone Anlagenpaare enthalten kann; jene würden gespalten, diese verhielten sich wie bei dem gewöhnlichen Kerntheilungsmodus, wo jede Tochterzelle beide Anlagen eines Paares erhält. Hiebei ist es gleichgültig, ob verschiedene, theils homöogone und theils schizogone Paare in demselben Individuum vorkommen, oder ob dasselbe Merkmalspaar bei den einen Individuen homöogon, bei den anderen schizogon ist (De Vries, 900, **e**). Auch sie lassen sich durch allerlei Hilfsannahmen beseitigen, doch will ich darauf hier noch nicht eingehen.

Jedenfalls weist das Verhalten der Anlagen da, wo mehrere schizogone Merkmalspaare in einem Bastard zusammentreffen, auf eine merkwürdige Selbständigkeit hin, und zeigt auch, dass die Erbmassen der beiden Eltern nicht während der ganzen Ontogenie getrennt neben einander existiren können, eine Annahme, die durch die bekannten Beobachtungen Häcker's[1]) an Cyclops nahe gelegt

[1]) V. Häcker, Ueber die Selbständigkeit der väterlichen und mütterlichen Kernbestandtheile u. s. w. Arch. mikr. Anat. Bd. 46, 1896. S. 607.

wird und durch die die „reinliche" Trennung ihre Erklärung fände, wenn es blos eine zygolyte Spaltung gäbe: wenn alle Anlagen des ♂ von allen Anlagen des ♀ Elters abgespalten würden.

Ich möchte annehmen, dass die „Spaltung", wie immer sie auch geschehen mag, keine Besonderheit der Bastarde ist, sondern stets bei der Bildung der Keimzellen, auch der normalen Pflanzen, eintritt, und zwar deshalb annehmen, weil zwischen „Bastardirung" und „Kreuzung" (im Sinne Darwins) gar keine Grenze gezogen werden kann, und die Spaltung gerade bei der Bastardirung näher verwandter Sippen (Rassen) oft eintritt, dagegen bei der ferner stehender Sippen (Species) mindestens selten ist (vergl. 900, **d**)[1]). Wenn sie morphologisch charakterisirt ist, wird sich das ebenso gut bei dem Studium der reinen Sippen zeigen. Abnormitäten im Theilungsmodus, wie sie neuerdings Juel[2]) bei der Pollenbildung der *Syringa rothomagensis* (*S. persica* + *S. vulgaris*) nachgewiesen hat und (mit Reserve) als eine „Entmischung" der hybriden Kernsubstanz anspricht, mögen die Sterilität des Pollens und der Eizellen verursachen, können aber gewiss nicht die gesetzmässige Vertheilung der Anlagen bedingen. Ja, man könnte eher annehmen, dass das Ausbleiben einer Spaltung, ihre Unmöglichkeit, die Unregelmässigkeiten in den Kerntheilungen bedinge. Denn man kann — auch ohne eigene Untersuchung — mit Bestimmtheit behaupten, dass z. B. bei dem Bastard zwischen zwei Erbsenrassen, die nur durch die Farbe der Cotyledonen verschieden sind, also durch ein sich typisch spaltendes Merkmalspaar, die Bildung der Keimzellen morphologisch in nichts von der Bildung der Keimzellen bei den reinen Rassen abweicht.

Der muthmassliche Zeitpunkt der Spaltung soll im VIII. Abschnitt besprochen werden.

Es liegt nahe, das Auftreten der Rückschläge bei den „dichotypen" Gewächsen mit „ihren spontanen Combinationen zweier verschiedener Pflanzentypen auf einem und demselben Stock" (Focke[3]), für die der *Cytisus Adami* mit seinen *Laburnum*- und *purpureus*-Aesten das klassische Beispiel ist, durch eine „Spaltung" zu erklären, die unter bestimmten Verhältnissen einmal vor der Keimzellbildung eintreten würde. Es ist aber noch gar nicht ausgemacht, ob es sich wirklich um eine Spaltung handelt, oder um eine Aenderung in der Entfaltungsstärke je des einen Merkmals (*A*) den andern desselben Paares (*a*) gegenüber, um eine Verschiebung, bei der aus homodynamen Paaren von gewöhnlichem Verhalten solche vom Verhalten der „faux hybrides" Millardet's (nicht De Vries') werden. (Aenderungen in der Entfaltungsstärke kommen bei den Maisbastarden wirklich vor und werden in Abschnitt X und XII besprochen.) Würde es sich wirklich um eine Spaltung handeln, dann würde es schlecht um unsere Annahme, sie geschehe durch eine Kerntheilung, stehen, denn dass die „Trennung", der z. B. ein *purpureus*-Zweig sein Entstehen verdankte, nicht gut in einer Zelle vor sich gehen kann, hat neuerdings Beijerinck[4]) betont, es muss sich dabei wohl stets um die Abänderung einer ganzen Zellgruppe handeln. Die Entscheidung wird sehr schwer sein: dass die Nachkommenschaft der *purpureus*-Zweige *Cytisus purpureus*, die der *Laburnum*-Zweige *Cytisus Laburnum* ist (was übrigens noch nicht ganz sicher steht), würde sich mit beiden Annahmen vertragen, wenn die Merkmalspaare homöogon sind und die Entfaltungsstärke unverändert bleibt.

[1]) Sie kommt zweifellos auch beim Menschen vor, verbunden mit Heterodynamie der Paarlinge.

[2]) H. O. Juel, Beiträge zur Kenntniss der Tetradentheilung: II. Die Tetradentheilung bei einer hybriden Pflanze. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Botan. Bd. XXXV. Heft 4, p. 638.

[3]) Focke, W. O., Ueber dichotype Gewächse. Oesterr. Botan. Zeitschr. 1868, p. 139 u. f.

[4]) Beijerinck, M. W., „On the development of Buds and Bud-variations in *Cytisus adami*". Kon. Akad. van Wetens. te Amsterdam, Oct. 27. 1900.

II. Abschnitt.

Die Litteratur.

A. Die Xenien. Litteratur vor Burger, — vor Vilmorin und Koernicke, — die Arbeiten der Amerikaner, — die neueste Litteratur. B. Die Bastarde.

A. Die Xenien.

Was bis Ende 1899 von richtigen Beobachtungen veröffentlicht wurde, geht mit wenig Ausnahmen nicht über die Angabe jener Veränderungen hinaus, die auf den ersten Blick auffallen. Nur Burger, Vilmorin und, in weit grösserem Maasse, Koernicke suchten tiefer einzudringen, und die Mittheilungen dieses letzteren Forschers stehen durch die Zahl der Versuche und die Genauigkeit der Angaben weit über Allem, was bisher über Mais-Xenien publicirt wurde. Ich hätte mich bei Besprechung der Litteratur auf diese drei Autoren beschränken können; wenn ich trotzdem möglichst Alles bespreche, so geschieht das desshalb, weil die Originalarbeiten oder brauchbare Referate über sie oft schwer zugänglich sind.

Die ersten Angaben reichen bis in den Anfang des achtzehnten Jahrhunderts zurück. 1724 veröffentlichte Dudley Beobachtungen, die von Kellerman und Swingle (890, p. 346) wieder abgedruckt worden sind. Nachdem Dudley angegeben, dass die verschieden gefärbten Rassen des Mais, getrennt gezogen, sich rein fortpflanzen, theilt er mit, dass sich blauer Mais einerseits, weisser und gelber andererseits, in Reihen neben einander gezogen, „mischen und die Farben auswechseln; das ist, (1.) einige Kolben in den Reihen des blauen Maises werden weiss oder gelb sein, und (2.) einige in den Reihen des gelben oder weissen Maises blau." Diese Angaben sind, wie wir jetzt sagen können, wörtlich genommen, unrichtig; ganz weisse oder gelbe und ganz blaue Kolben können weder als „Xenien", noch bei Bastardirung in der ersten Generation entstanden sein. Aber auch wenn die Kolben nur theilweise abgeändert waren, kann nur die eine Angabe (2) durch Xienbildung veranlasst sein, die andere (1) müsste sich auf Bastarde beziehen.[1])

Die ersten wirklich brauchbaren Versuche stellte Savi zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts an. Er säte (nach Gallesio 1806, p. 95, Anm.) gelben und „schwarzen" Mais — der etwa unserer Rasse *cyanea* entsprach — zusammen aus und überliess sie sich selbst; unter den Kolben, die er erhielt, waren welche, die gelbe, schwarze und gescheckte („striati") Körner trugen, „sia disposti a file, sia alternati in altre foggie." Alles Weitere fehlt.

Wesentlich besser sind die etwa gleichzeitig angestellten Beobachtungen Burger's (1808, p. 24—50). Dieser scharfsichtige und ungewöhnlich selbständige Beobachter wusste, dass weisser

[1]) Darwin (868; 893, p. 448) citirt eine andere Abhandlung in den „Transactions" aus der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts; an der angegebenen Stelle (1751/52, p. 206) und im ganzen Band kann ich aber nichts Einschlägiges finden.

Mais durch den Pollen des gelben sofort gelb wird, und dass auch der Pollen des blauen Maises ähnlich blau färbt, dass aber der des rothen — Burger's Rasse hatte weisses Endosperm, p. 50 — nie in dieser Weise wirkt. Er wusste auch, dass das Roth blos in der Haut des Kornes sitzt, das Blau in den „äusseren Theilen" des eigentlichen Kornes; schabe man diese ab, so bekomme man ein gelbes Korn. Wegen der Seltenheit des Buches will ich die von den Xenien handelnden Stellen wörtlich citiren.

p. 24: „Steht eine einzige Pflanze mit blauen Körnern im Acker, so kann man gewiss sein, dass ein grosser Theil der Fruchtähren einzelne blaue Körner haben wird."

p. 43: „Wenn man weissen Mais cultiviren will, so muss man sich ja hüten, dass in der Nähe des damit besäten Ackers kein gelber oder anders gefärbter Mais gepflanzt werde, weil der durch den letzteren verbreitete Samenstaub in den Fruchtähren des weissen Maises zuverlässig eine Menge gelber Körner hervorbringen wird."

p. 48: „Ich habe nie beobachtet, dass die rothen Maispflanzen ihre Farbe durch den Samenstaub auf weissen, gelben oder blauen Mais mit einer solchen Wirkung übertrügen, dass man rothe Körner in einer Aehre, die aus gelben Maissamen erzogen worden, blos darum vorgefunden hätte, weil sie in der Nähe einer aus rothem Samen gezogenen Maispflanze gestanden hätte; aber häufig und fast gewiss verbreitet der blaue Mais seine Farbe auf weissen und gelben, und rings um eine einzelstehende blaue Maispflanze findet man Körner dieser Farbe in allen Aehren der benachbarten Maispflanzen."

Der Einblick in die theoretische Bedeutung dieser Beobachtungen fehlt freilich bei Burger, er ist aber auch zur damaligen Zeit nicht zu erwarten gewesen. Den Anfang zu ihrer Würdigung finden wir bei Sageret, der aber bei seinen Versuchen ein negatives Resultat erhielt.

Sageret (1826, p. 313) will einen weissfrüchtigen Mais mit dem Pollen eines gelbfrüchtigen bestäubt und einen Kolben mit weissen Körnern erhalten haben, erst die Bastardpflanzen hätten Kolben gegeben, deren Körner zur Hälfte weiss und zur Hälfte gelb gewesen seien („j'ai obtenu des épis à grains moitié jaunes et moitié blancs"). Beide Angaben stehen mit Allem im Widerspruch, was wir jetzt von Xenien und Bastarden des Mais wissen.

Puvis (1837, p. 78) setzt sich in Gegensatz zu Sageret, geht aber seinerseits wieder viel zu weit. Nach ihm haben sich schon im ersten Jahre, dem Jahre der Befruchtung, nicht nur die Farben der Körner durch die Bastardbestäubung geändert, es soll sich auch ihr Volumen vergrössert, der Kolben der kleinen Rassen verlängert haben. Eine eingehendere Beschreibung fehlt leider.

In Bonafous „Traité" (1833) habe ich keine Angaben über Xenien gefunden, die grosse Monographie (1836) konnte ich mir nicht verschaffen.

Etwa gleichzeitig mit Sageret stellte Gärtner (1827, p. 79, und 1849, p. 322 — beide Berichte stimmen in den uns hier interessirenden Punkten vollkommen überein) — einige Versuche an. Er bestäubte „*Zea Mays nana* mit kleinen, gelben Körnern" mit dem Pollen von „*Zea Mays major* von grauer, rother und rothgestreifter Farbe der Samen". Die graue Rasse entsprach wohl unserer *R. cyanea*, die zweite und dritte hatte gelbes Endosperm. Nur ein Kolben, der zur Blüthezeit mit dem Pollen der rothgestreiften Rasse bestäubt worden war, gab 5 Körner, die typische *nana*-Körner waren. Bei der Aussaat zeigte sich, dass wenigstens vier — aus dem fünften Korn ging eine steril ♂ Pflanze hervor — wirklich durch Bastardirung entstanden waren. Alle Pflanzen waren merklich grösser und trugen Kolben mit grösseren „Samen", als die *R. nana*, zwei lauter gelbe Körner, zwei neben vielen gelben eine Anzahl mehr oder weniger röthliche und graue Körner (der eine unter 288

Körnern 64, der andere unter 143 Körnern 34). — Gärtner schloss daraus, „dass die ursprüngliche Bastardbefruchtung äusserlich ganz gleiche, von denen der Stammmutter nicht verschiedene Samen" hervorbrachte, „welche erst in der weiteren Entwicklung der Keimpflanzen verschieden gefärbte Samen erzeugten." Zweifellos sind aber die Versuchsergebnisse so zu deuten: Die Bastardbestäubung konnte keine Xenien geben[1]), die grauen Körner des Bastardes waren dagegen Xenien, verursacht durch Pollen des „grauen" Maises, den Gärtner in der Nähe gezogen haben muss. So hat er das, dessen Existenz er leugnete, thatsächlich unter den Händen gehabt.

Oberdieck's (1844, p. 41—45) offenbar nur auf Hörensagen begründete Angabe, dass braune und gelbe Maiskörner, durcheinander gesät, Pflanzen mit Kolben hervorbrächten, die rothe und gelbe Körner gemengt trügen, ist schon von Koernicke (885, I. p. 345) zurückgewiesen worden.

Vilmorin (1867, p. 246), dem die Angaben früherer Beobachter unbekannt geblieben waren, stellte mit 12 Varietäten sehr sorgfältige Versuche an. Leider ist meines Wissens auf die vorläufige Mittheilung mit ihren allzu kurzen Angaben die in Aussicht gestellte, ausführliche Publication nicht gefolgt. Die Rassen — genannt wird nur eine, „Mais noir", der sicher unserer *R. cyanea* entsprach, beschrieben keine — wurden 300—400 m von einander gepflanzt; Mauern und Bäume befanden sich dazwischen. Von jeder Sorte wurden 3 bis 4 Aehren bestäubt, nachdem sie kurz vor dem Austreten der Narben in leichte Flanellsäcke gesteckt und die äusseren, vielleicht schon mit Pollen belegten Hüllblätter entfernt worden waren. Dabei kam entweder der Pollen derselben Rasse oder der einer anderen, meist der des „Mais noir" zur Verwendung; als Controlle blieb je eine Aehre unbestäubt. In den beiden ersten Fällen erhielt Vilmorin wenig Früchte, im letzten keine. Bei der Bestäubung mit dem Pollen einer fremden Rasse „zeigten die Körner häufig, aber nicht immer, die Eigenschaften ihrer Väter. Die Procentzahl dieser veränderten Körner war sehr schwankend, sie konnte zwischen 1 % und 60 % variiren." Es wird aber nur die Farbe, nicht die Form der Körner modificirt. Weiteres fehlt.

Die niedrige Procentzahl der abgeänderten Körner zeigt mit aller Bestimmtheit, dass Vilmorin entweder mit ganz unreinen Rassen experimentirte, oder dass, was wahrscheinlicher ist, trotz aller Vorsichtsmassregeln, rasseneigener Pollen Zutritt hatte. Da die Pflanzen nicht castrirt wurden, musste die Aussenseite der Flanellsäcke Pollen festhalten und beim Abnehmen an die Narben abgeben können.

Ungefähr gleichzeitig stellte Hildebrand einige Versuche an (1867, p. 101 des Correspondenzblattes; 1868, Sp. 325 u. f.). Auch er castrirte, wie es scheint, die Versuchsobjecte nicht, schützte aber die Narben durch Papierhülsen. Maispflanzen, aus gelben Körnern gezogen, brachten, mit eigenem Pollen bestäubt, wieder Kolben mit lauter gelben Körnern hervor, mit dem Pollen einer Rasse mit rothen, rothbraunen (1867) oder braunen (1868) Körnern von gleicher Form und Grösse bestäubt dagegen Kolben, an denen unter den gelben (oder helleren!) Körnern zerstreut schmutzigviolette standen (etwa 50 % der Gesamtzahl). In dem rothbraunen Mais muss also Blau gesteckt haben, wahrscheinlich entsprach er der Verbindung *Philippi* + *Cyanea*; auch war eigener Pollen gewiss nicht ausgeschlossen. Des Weiteren soll aber eine Aehre lauter gelbe Körner hervorgebracht haben, die Spindel sei aber auf einer Seite rothbraun geworden. Der betreffende Kolben entstand jedoch sicher durch die Bestäubung mit rasseeigenem Pollen, sonst hätten die Körner selbst etwas verändert werden müssen, und das Roth der Spindel trat als Rückschlag oder Variation auf.

[1]) Weil die beiden Rassen nur in der Grösse der Körner und der Farbe der Fruchtschale verschieden waren.

Nach Darwin (893, p. 431) hat auch ein Mr. Arnold in Canada einen einschlägigen Versuch gemacht[1]): Er bestäubte einen ♀ Blüthenstand („a female flower") erst mit dem Pollen einer gelben Rasse und dann mit dem einer weissen, und wollte einen Kolben erhalten haben, in dem jedes Korn unten gelb und oben weiss war. Was für eine Rasse die ♀ Aehre lieferte, ist nicht gesagt. Wahrscheinlich war es ein weisser Pferdezahnmais und nur der Pollen der gelben Rasse wirksam, so dass alle Körner gelb wurden; oben waren sie heller, weil der hornige Theil des Endosperms hier dünner war.

Die Beobachtungen Koernicke's (1872, p. 64, und 1885, p. 330), hauptsächlich während der siebziger Jahre angestellt, sind, wie schon betont, die besten bisher veröffentlichten.[2]) Er zog zuerst, neben den Variationen in der Färbung der Körner, auch die in der chemischen Beschaffenheit des Endosperms in Betracht, doch blieben Grösse und Form der Körner noch unberücksichtigt. Leider hat er das bei der sonst so grossen Sorgfalt ganz unbegreifliche Versehen begangen, beim gelben Korn den Sitz der Farbe in der Fruchtschale statt im Endosperm zu suchen. Dieser Irrthum war nicht nur bei einigen Einzelbeobachtungen verhängnissvoll, er hinderte ihn auch, die Fälle, in denen Xenienbildung zwischen Rassen mit verschieden gefärbten Körnern eintritt, einfach zu formuliren; er hätte schon angeben können, dass sie auf das Endosperm beschränkt ist.

Harz (1885, p. 70) bestäubte drei castrirte Pflanzen einer gelbfrüchtigen Rasse mit dem Pollen einer danebenstehenden weissfrüchtigen. Zur Zeit der Reife waren die Körner blasser gelb als das Saatgut.

Von 1877 an haben sich verschiedene amerikanische Botaniker mit der Frage nach dem directen Einfluss des Pollens auf die Beschaffenheit der Frucht beim Mais beschäftigt. Sie haben aber ihre Beobachtungen meist an Stellen veröffentlicht, die in Europa unzugänglich sind; in Just's Jahresbericht sind nur ganz wenige referirt. Zum Glück haben Kellerman und Swingle (890, c, p. 346) sich der Mühe unterzogen, in einer, freilich ebenfalls nur schwer erhältlichen Publication das bis zum Jahre 1889 Erschienene kurz referirend zusammenzustellen. An sie halte ich mich, wo ich die Originalarbeiten nicht einsehen konnte.

Beal's Versuche (1877, 1878) ergaben, dass gewöhnlicher, gelber, stark glasiger Mais (Smut-nose Yellow Flint Corn) durch die Bestäubung mit dem Pollen von gelbem Pferdezahnmais (Yankee or Jersey Dent) nicht im geringsten verändert wurde — wenigstens äusserlich. Die Aussaat zeigte, dass die Bastardirung wirklich gelungen war. Die umgekehrte Bestäubung wurde nicht ausgeführt.

Später (1879) pflanzte Beal 6 verschiedene Rassen durcheinander und überliess sie sich selbst zur gegenseitigen Bestäubung; jede Aehre zeigte Körner, die einigen anderen Varietäten entsprachen. Da zwei Rassen eine blaue Kleberschicht, zwei ein weisses Endosperm, zwei Dextrin statt Stärke besassen, ist dies Resultat wohl verständlich; dass die rothbraune *King Philipp*-Rasse unverändert blieb, mag ein Zufall gewesen sein. Alles Nähere fehlt.

In dem von Meehan (1884) demonstrirten Fall, wo ein (creamy-) weisser Maiskolben auf einer Seite fast lauter bräunlichrothe Körner trug, handelte es sich gewiss nicht um den directen Einfluss fremden Pollens.

[1]) Darwin citirt hiezu eine Abhandlung von Stockton Hough (874), die mir unzugänglich war.

[2]) Die zweite, weitaus wichtigere Publication ist leider wenig beachtet worden; De Vries (900, c) und Webber (900) kennen nur die erste.

Lazenby (1885) fasste das Ergebniss seiner Versuche (1882, 1883, 1884) dahin zusammen, „dass reine (well established) Varietäten die Wirkung der Bastardirung im ersten Jahr in keinem abschätzbaren Maasse zeigen", dass sie sich aber stets im darauffolgenden Jahr am Bastard äussere. Da Lazenby 1882 Zuckermais mit Pferdezahnmais und gewöhnlichem, hornigem Mais bestäubte, die zu bestäubenden Pflanzen castrirte, und bei der Aussaat wirklich Bastarde entstunden, ist diese Angabe ganz unverständlich und nur durch die Wirkung einer vorgefassten Meinung erklärbar.

Aehnlich summirte Sturtevant 1884 seine Erfahrungen (1882, 1883), doch nimmt er den Zuckermais eigens aus. Bastarde sollen den Einfluss der „current cross-fertilization" oder „current hybridization" mehr zeigen, als reine Rassen, die „Rassen" mehr als die „agricultural species", die „Varietäten" einer Rasse mehr als die Rassen einer „Species". Dabei bestehe eine Tendenz, die elterlichen Merkmale getrennt, nicht gemischt, hervorzubringen. Am leichtesten könne die Farbe von einer „Species" auf die andere übergehen, Roth am schwersten. „Kernels can be partly fertilized by several kinds of pollen." Spätere Mittheilungen Sturtevant's (1885, c; 1886) scheinen dem gegenüber wenig Neues zu bringen.

Crozier (1887) beobachtete, dass Zuckermais (Stowell's Evergreen) durch die Bestäubung mit gelbem Pferdezahnmais (Yellow Hathaway) sofort verändert wird, dasselbe sah Hays (1889), als er Zuckermais mit dem Pollen von Pferdezahnmais und gewöhnlichem Mais (flint-corn) bestäubte. Burrill (1887) will dagegen bei rothem Popkorn durch die Bestäubung mit weissem und gelbem gewöhnlichem Mais sofort weisse Fruchtschalen bei einem Drittel der Aehren erzielt haben, sein Saatgut war aber offenbar schon bastardirt. Nach Tracy (1889) soll das Endosperm eines mehligen Maises (Cuzco corn) durch die Bestäubung mit dem Pollen des Zuckermaises (Black Mexican) die Beschaffenheit des Zuckermais-Endospermes angenommen haben, eine Angabe, die ich nicht controlliren konnte, die mir aber nicht sehr wahrscheinlich ist. Die zwei gut entwickelten Aehren zeigten viele schwarze, runzlige Körner, andere, die weiss und runzlig waren, und noch andere, die weiss und glatt waren.

Bei den zahlreichen von Kellerman und Swingle (1889) im Jahr 1888 angestellten Versuchen (mit 41 Sorten) wurden die männlichen Rispen und die weiblichen Blütenstände in Zeugsäcke eingeschlossen. Von 66 Bastardbestäubungen hatten 39 Erfolg. Die Verfasser gehen über eine Registrirung der einzelnen Ergebnisse nicht hinaus; die Verwerthung wird, für den Ausländer wenigstens, durch die ungenügende Beschreibung der Sorten erschwert, die Resultate selbst sind vielfach ungenau angegeben und beschränken sich auf die direct sichtbaren Veränderungen[1]). Theilweise hatte, trotz aller Massregeln, Selbstbestäubung stattgefunden. Es ist all das um so mehr zu bedauern, als die Verfasser vielfach mit Pferdezahn-Sorten experimentirten, und so eine empfindliche Lücke in meinen Versuchen hätte ausgefüllt werden können.

Die Untersuchungen, die Kellerman und Swingle (1890) im nächsten Jahr (1889) anstellten, waren noch viel ausgedehnter. Es wurden 65 Varietäten benutzt — vorzüglich Sorten des weissen und gelben Pferdezahnmaises — und 188 Bestäubungen ausgeführt, darunter freilich einige Male dieselbe Combination zwei bis vier Mal; 175 Bestäubungen (= 93%) waren erfolgreich. Die Resultate sind ausführlicher beschrieben, als das Jahr vorher, die Sorten aber noch ebenso ungenügend. Nach den Ergebnissen der Verfasser ist der directe Einfluss vielfach nachzuweisen, meist in der Farbe.

[1]) Um ein Beispiel anzugeben, so geht aus Note 22 hervor, dass „King Philipp (red brown flint)" ein weisses Endosperm besass, sonst hätte „Improved Shoe Peg (large white dent)" nicht unverändert bleiben können, als er mit Pollen des King Philipp bestäubt wurde. Dann konnte aber King Philipp bei der Bestäubung mit Longfellow (Yellow Flint) nicht unverändert bleiben, wie Note 2 behauptet.

In manchen Fällen soll aber auch die Form und Beschaffenheit der Körner abgeändert worden sein, fast nur bei der Bastardirung von Pferdezahnrassen untereinander, was bis zu einem gewissen Grade richtig sein kann, da die Ausbildung der „Kunden“ von der Beschaffenheit des Endosperms abhängt; in anderen Fällen auch die Grösse der Körner, einmal sogar die Gestalt des Kolbens.

Studirt man die Angaben genauer, so muss auffallen, dass sich dieselbe Eigenschaft je nach der Sorte, bei der sie auftritt, verschieden verhalten soll, in einem Grade, der in Wirklichkeit nicht vorkommt. Beim Pferdezahnmais sollen z. B. von 15 Fällen, in denen eine Sorte mit gelbem Endosperm mit einer Sorte mit weissem bestäubt worden war, in 12 die Farbe der Körner sofort intermediär geworden, in 3 unverändert geblieben sein, und von 18 Fällen, in denen eine Sorte mit weissem Endosperm mit dem Pollen einer Sorte mit gelbem bestäubt wurde, in 8 die Farbe intermediär geworden, in 10 unverändert geblieben sein. In 9 Fällen wurde gelber und in 8 weisser Mais mit dem Pollen eines und desselben rothen Pferdezahnmaises bestäubt, in keinem Fall soll sich ein Einfluss auf die Farbe der Körner gezeigt haben, obschon der rothe Pferdezahnmais entweder weisses oder gelbes Endosperm besessen haben muss. — In 27 Fällen traten sofort Eigenschaften auf, die keines der beiden Eltern besass, das Saatgut muss also unrein gewesen sein. Das mag zuweilen da der Fall gewesen sein, wo die Verfasser es nicht gemerkt haben; viele Angaben bleiben mir völlig unverständlich.

Von neuerer Litteratur ist mir nachträglich eine Mittheilung von Mc Cluer (1892) bekannt geworden. Ein guter Theil seiner Angaben bringt freilich nichts Neues. Von Interesse sind besonders die Ergebnisse der Versuche mit Rassen mit ganz mehligem Endosperm (Brazilian flour) und mit Pferdezahnrassen, so, dass bei Bestäubung mit dem Pollen eines Zuckermaises (gold coin sweet) im ersten Falle statt des ganz mehligen ein wenigstens etwas horniges Endosperm entsteht („flinty in outward appearance“), dass durch die Bestäubung mit dem Pollen einer Rasse mit ganz mehligem Endosperm Pferdezahnmais nicht verändert wird, dass Pferdezahnmais durch die Bestäubung mit dem Pollen einer Rasse mit hornigem Endosperm glatter wird, während der umgekehrte Einfluss nicht nachweisbar ist etc. Wenn freilich angegeben wird, bei der Bestäubung eines weissen Pferdezahnmaises mit dem Pollen eines schwarzen Zuckermaises habe — ausser der Farbenänderung — die Hälfte der Körner Aussehen und Geschmack des Zuckermaises angenommen, die Hälfte Aussehen und Geschmack des Pferdezahnmaises behalten, so ist ganz sicher, dass der weisse Pferdezahnmais nicht rein, sondern ein Bastard mit einem Zuckermais war; das geht aus den Zahlen, nach meinen Versuchen, sicher hervor.

Seit 1894 habe ich selbst alljährlich Versuche über Xenien bei *Zea Mais* angestellt. Die wesentlichsten Resultate standen schon im Herbst 1897 fest und wurden im Februar 1898 in einem — nicht gedruckten — Vortrage ausgesprochen. Doch die Erklärung fehlte noch. Es schienen mir nur zwei Annahmen discutirbar: die Entstehung des Endosperms durch einen Sexualact — dabei war ich freilich nicht auf den einfachen Ausweg gekommen, den später Nawaschin und Guignard entdeckten, sondern hatte an eine Theilung des zur Befruchtung der Eizelle bestimmten generativen Kernes gedacht —, oder eine enzymatische Einwirkung vom Bastardembryo auf das Endosperm.

Hier musste die histologische Untersuchung des Befruchtungsvorganges einsetzen, zu der ich jedoch erst im Herbste 1899 kam, nachdem Nawaschin und Guignard ihre Beobachtungen über die „doppelte Befruchtung“ veröffentlicht hatten. Bis zu diesem Zeitpunkt neigte ich mich mehr der zweiten Annahme, der einer enzymatischen Wirkung, zu. Einmal schienen manche Ergebnisse nicht

recht mit der ersten Annahme zu stimmen, so, dass die Form und die Grösse der Körner sich durch die Bastardbestäubung gar nicht ändern liess, und dass die beiden gegenseitigen Verbindungen zweier Rassen ($a ♂ + b ♀$ und $b ♂ + a ♀$) ganz allgemein verschiedene Producte lieferten. Dann war es zu unwahrscheinlich, dass eine solche Befruchtung des secundären Embryosackkernes bloss beim Mais vorkäme und, wenn sie allgemein stattfände, von all den Beobachtern, die den Befruchtungsvorgang studirt hatten, vor allem von Strasburger, übersehen worden sein sollte. Auf der andern Seite hatten freilich die Versuche, durch Impfung annähernd reifer Körner von weissem und gelbem Mais mit zerriebenenem Endosperm von blauem Mais keinen Erfolg gehabt, und ebensowenig Versuche, bei denen Stückchen der Kleberschicht blaufrüchtiger Rassen unter die Fruchtschale weiss und gelbfrüchtiger geschoben worden waren.

Als dann Guignard's Beobachtungen erschienen — die Nawaschin's hatte ich leider übersehen —, war es mir bald klar, dass sie die Lösung des Räthsels brachten, und dass sich die Einwände gegen eine derartige Lösung, die ich mir früher gemacht hatte, beseitigen lassen mussten. Das gelang auch bald, dagegen wurde viel Zeit darauf verwandt, die „doppelte Befruchtung" beim Mais nachzuweisen; es wollte mit dem Material, das ich mir seit 1897 alljährlich fixirt hatte, nicht gelingen. So stellte ich die experimentell gefundenen Thatsachen in einer vorläufigen Mittheilung zusammen (1899). In dem Streben nach möglichst knapper und präciser Formulirung in kurzen Sätzen bin ich, wie ich gleich bemerken will, hie und da etwas zu weit im Generalisiren gegangen[1]).

18 Tage vor dem Eingang meiner Mittheilung in Berlin hatte De Vries der Academie in Paris eine kleine Abhandlung überreicht, in der er über Versuche aus dem Jahr 1898 und 1899 berichtet, die ihm das Vorkommen von Xenien beim Mais bewiesen, und zu deren Erklärung er ebenfalls die doppelte Befruchtung herangezogen hatte. Ein weisser Zuckermais war mit dem Pollen einer Rasse mit (weissem) stärkeführendem Endosperm bestäubt worden und hatte sofort Körner gegeben, die von denen der den Pollen liefernden Rasse nicht zu unterscheiden waren. Ohne die Verdienste De Vries' irgendwie schmälern zu wollen, darf man doch bemerken, dass bei diesem einen Versuch alle die Schwierigkeiten gar nicht berührt wurden, die auch nach der Entdeckung der „doppelten Befruchtung" noch in dem Problem steckten. Auf diesen kurzen Bericht folgte dann eine ausführlichere Darstellung (1900), die principiell nichts Neues brachte, aber eine Litteraturübersicht gab, in der die Hauptarbeit Koernicke's und die amerikanischen Autoren leider fehlten.

De Vries' erste Mittheilung kam mir erst am 1. Febr. vorigen Jahres zu Gesicht, als das Manuscript dieser Abhandlung schon ziemlich weit gediehen war. Ich habe mich dann entschlossen, die Veröffentlichung um ein Jahr hinauszuschieben. Die principielle Erklärung war gegeben, dagegen waren noch viele einzelne Punkte aufzuklären und es schien wünschenswerth, diese gleich so gründlich als möglich zu erledigen. Dazu gehörte auch das Verhalten von Rassen vom Pferdezahn-Typus und von solchen mit sehr stark glasigem Endosperm, und es gelang mir noch, von beiden einen brauchbaren d. h. im Tübinger Klima reifenden Repräsentanten aufzutreiben, so dass mir jetzt nur noch eine Rassengruppe, die mit sehr stark oder ganz mehligem Endosperm, unbekannt ist. Diese hier zu ziehen, ist ganz ausgeschlossen. Was ich hier leisten konnte, ist jetzt annähernd geleistet.

Inzwischen ist auch noch eine Mittheilung von H. J. Webber mit hübschen Abbildungen

[1]) Das gilt vor allem für Satz 12, nach dem sich jedes Merkmal einem zweiten gegenüber genau gleich verhält, welchen Rassen die beiden auch immer angehören mögen. In Wirklichkeit hat die Rasse einigen Einfluss, ja sogar das Individuum; die besten Belege hiefür habe ich freilich erst im vorigen Jahr, nach Abfassung der vorläufigen Mittheilung, mit neuen Rassen gefunden.

erschienen (900, **b**, einige Bemerkungen schon 900, a), in der bereits auf De Vries' und meine vorläufigen Veröffentlichungen Rücksicht genommen ist. Webber hat auch „Xenien" hervorgerufen und stimmt in der Deutung mit uns überein. Auch die einzelnen Angaben harmoniren ziemlich gut mit meinen. Von den Differenzen wird ein Theil darauf zurückzuführen sein, dass Webber mit anderen Rassen experimentirte, so mit Pferdezahnmais und dem „Cuzco"-Mais mit ganz mehligem Endosperm, ein Theil aber doch auf Irrtümer, so die (nach dem Befund im Freien gemachte) Angabe, Zuckermaispollen rufe auf gewöhnlichem Mais (Flintcorn) Xenien hervor. — Wie Webber selbst zugibt, waren auch nicht alle Sorten auf ihre Constanz geprüft worden. Einzelheiten sind im Text nachzusehen. Das Auftreten „gescheckter" Körner als Xenien möchte Webber durch die Annahme erklären, der zweite generative Kern und die Polkerne entwickelten in solchen Fällen jeder für sich, parthenogenetisch. Endosperm im Embryosack, das Fehlen aller Xenienbildung bei einzelnen Körnern, mitten unter typischen Xenienkörnern, durch die Annahme, die Polkerne bildeten in solchen Fällen parthenogenetisch, für sich allein, das Endosperm. Beiden Hypothesen kann ich, wie später ausgeführt werden soll, nicht zustimmen (Abschnitt VIII).

B. Bastarde.

Die Litteratur hierüber ist viel spärlicher als die über die „Xenien". Die ersten Beobachtungen, die mir bekannt geworden sind, rühren von Burger (1809) her, der z. B. angibt, dass beim Bastard *vulgata* + *Cinquantino* „die Aehren gar kein Ansehen mehr vom Cinquantino, sondern vom gemeinen grossen Mais" hatten, dann von Sageret (1826) und Gärtner (1827, 1849, vor allem p. 87 und 323 u. f.). Jene wurden schon besprochen (p. 14), diese sind von geringer Bedeutung, weil sie nicht rein ausgeführt wurden; doch geht wenigstens soviel daraus hervor, dass Wuchs und Körner des Bastardes zwischen einer hochwüchsigen, grossfrüchtigen und einer niedrigen, kleinfrüchtigen Rasse intermediär sind, aber der letzteren näherstehen.

Etwa gleichzeitig hatte man (nach Webber und Bessey, 899, p. 486) in Nordamerika begonnen, Bastarde zu landwirthschaftlichen Zwecken zu ziehen. Der erste, „Smith's Early White", wurde von Dr. Gideon B. Smith 1838 im Albany Cultivator beschrieben und soll vom Tuscarora-Mais und Sioux-Mais herstammen.

Die nächsten und zugleich die wichtigsten Mittheilungen verdanken wir F. Koernicke (1876 und 1885, I. p. 344 u. f.); sie beziehen sich auf die Farbe der Körner und auf die Beschaffenheit des Endosperms. Die thatsächlichen Angaben sind fast alle richtig[1]), leider hat auch hier das Missverständniss über den Sitz des Gelben beim Maiskorn eine Zusammenfassung verhindert, auch wurden offenbar die Nachkommen in der zweiten und weiteren Generationen nicht immer genügend getrennt gezogen und keine Zählungen an den gemischtkörnigen Kolben ausgeführt. Sonst wäre Koernicke wahrscheinlich auch auf die Mendel'schen Regeln gekommen, das „Dominiren" des einen Merkmales über das andere in einigen Fällen hat er richtig beobachtet. Bis auf die neueste Zeit sind meines Wissens in Europa keine weiteren Untersuchungen veröffentlicht worden.

Etwas später begann man, so viel ich weiss, in den Vereinigten Staaten wieder Bastarde zu

[1]) Nicht richtig ist z. B. die Angabe: „Will ich Zuckermaiskörner und gewöhnliche im Kolben gemischt erhalten, so muss ich in dem einen Jahre die einen, im nächsten Jahr die andern zur Aussaat nehmen, und zwar von den Kolben, an welchen sich am wenigsten Körner von der betreffenden Beschaffenheit finden." Zuckermaiskörner hätten, für sich ausgesät, sicher nur Kolben mit Zuckermais-Körnern gegeben, gewöhnliche entweder Kolben nur mit gewöhnlichen Körnern oder Kolben mit Zuckermais und gewöhnlichen Körnern (vergl. Abschnitt X).

ziehen. Der erste wurde 1878 von W. J. Beal beschrieben (cit. nach Kellerman und Swingle, 890, p. 347); er entstund durch die Bestäubung der *R. vulgata* (Smut-nose Yellow Flint Corn) mit der *R. xanthodon* (Yellow, Yankee Dent) und zeigte alle Uebergänge von reinem „Flintcorn" zu reinem Pferdezahnmais. Dasselbe Ergebniss veröffentlichte Lazenby 1883, der auch bei den Bastarden zwischen Zuckermais und gewöhnlichem Mais die scharfe Trennung der Körner in Zuckermaiskörner ($^1/_3$ bis $^1/_5$) und gewöhnliche Körner feststellte. Sturtevants Beobachtungen (1883, 1884, 1885, 1886) gipfeln (nach Kellermann und Swingle) unter anderem in folgenden Sätzen: „Es existirt ein sehr starkes Bestreben, die Eltern ohne Mittelbildungen hervorzubringen, so sehr, dass es zweifelhaft ist, ob Mittelbildungen oft hervorgebracht werden." . . . „Wiederholte Bastardirung scheint indessen diese Tendenz zu vernichten. . . . Ich glaube, dass ein Bastard das Bestreben hat, sich der Bastardelemente zu erledigen (to purge itself of its cross) und allmählich rasserein zu werden." . . . „In einigen ziemlich seltenen Fällen kommen die Merkmale zweier Rassengruppen (agricultural species) beim selben Korn vor, dann ist aber die Trennungslinie recht scharf; es gibt keine Mischung."

Kellerman und Swingle (1890) haben die Bastarde von 23 der im ersten Versuchsjahr ausgeführten Verbindungen aufgezogen — leider alle nebeneinander — und beschrieben. Auch hier macht der Mangel einer Beschreibung der Stammeltern die Ergebnisse nur theilweise verwendbar. Die Verfasser unterscheiden zwei Typen, unter die sich die Kolben der Bastarde bringen liessen, einen Typus I, bei dem die Körner eines Kolbens gleichartig waren, entweder ganz intermediär zwischen denen der Eltern oder dem einen oder andern Elter näher stehend, und einen Typus II, bei dem die Körner eines Kolbens verschieden waren. Daneben gab es Bastarde, deren Kolben in einem Merkmal dem Typus I, im anderen dem Typus II folgten. Endlich wurde auch noch festgestellt, dass in den Fällen, wo die Bestäubung mit fremdem Pollen sich durch Xenienbildung verrieth, die Kolben des Bastardes dem Typus II anzugehören pflegten. Wir verstehen das jetzt alles recht gut: der Typus II entsteht, wenn die Elternrassen in Merkmalen des Endosperms differiren, für die die Spaltungs- (und fast die Prävalenz-) Regel gilt. — Wichtig sind die Angaben über das Verhalten der Bastarde zwischen Pferdezahnmais und anderen Maisrassen, auch das Verhalten des mehligen zum hornigen Theil des Endosperms wird berücksichtigt, endlich finden wir noch die ersten genaueren Angaben über das Zahlenverhältniss der beiderlei Körner an Kolben vom Typus II.

Bei den Versuchen Mc Cluer's (1892) wurden die Bastarde auch nicht isolirt gezogen, sie bilden daher gegenüber den eben erwähnten keinen wesentlichen Fortschritt; einige specielle Angaben sollen später am passenden Ort angeführt werden.

1899 hat dann De Vries das Verhalten des Bastardes zwischen zwei Sorten aus den Rassengruppen *saccharata* und *vulgaris* in der ersten Generation beschrieben, 1900 (a, b, c) auch das in der zweiten Generation und es im Anschluss an Mendel erklärt — auch eine Angabe über das Verhalten der Rassengruppe *cryptosperma* verdanken wir ihm — während ich 1899 die Bastarde absichtlich bei Seite liess, als ohne Bedeutung für die Xenienfrage, und sie für die ausführliche Mittheilung vorbehielt. 1900 (a, b) sprach ich die Giltigkeit der Spaltungsregel für sie aus, mit Beschränkung.

Einige Angaben finden sich endlich auch bei Webber (1900), auch sie werden am gegebenen Ort zu erwähnen sein.

In neuester Zeit ist auch (von J. W. Harshberger, 897) ein Bastard *Euchlaena* + *Zea* angegeben worden; ich konnte die Publication nicht einsehen, verdanke aber der Liebenswürdigkeit ihres Verfassers briefliche Mittheilungen und eine Probe. Es wäre sehr wichtig, dass das Verhalten der Merkmalspaare, die von verschiedenen Gattungen abstammen, mit dem derselben Paare von der nämlichen Gattung verglichen würde, also z. B. das Ergebniss der Bastardirung *Euchlaena* + *Zea Mays cyanea* mit dem der Bastardirung *Zea Mays alba* + *Zea Mays cyanea*. Derartige Versuche könnten freilich selbst in den wärmsten Theilen Südeuropas kaum angestellt werden.

III. Abschnitt.

Die Technik der Versuche.

A. Xenien.

Die Maiskörner wurden stets zuerst in Töpfen gesteckt — im Anfang mehrere derselben Rasse in grössere, später nur je eines in kleinere —; Anfangs Juni wurden die bis dahin im Kasten gehaltenen Pflanzen ausgepflanzt. Im ersten Jahr (1894) wurden die zu bestäubenden Individuen im Versuchsfeld des botanischen Gartens zusammen gesetzt, zur rechten Zeit castrirt und die Narben wenigstens zum Theil zwischen den Bestäubungen durch Papierdüten geschützt. Die Individuen, die den Pollen lieferten, standen zusammen im System; zum Bestäuben wurden Stücke der Rispen benützt, die in Glasdosen transportirt wurden; für jede Rasse war natürlich eine bestimmte Dose da. Dies Verfahren befriedigte nicht recht; es wurde im zweiten Jahr (1895) dahin abgeändert, dass die zu bestäubenden Individuen im Versuchsfeld in Gruppen zusammengepflanzt wurden, die, möglichst gleichmässig vertheilt, Individuen aus allen Rassen enthielten und in denen, nach der Castration, nur mit dem Pollen einer Rasse bestäubt wurde. Die pollenliefernden Pflanzen aber wurden in Gruppen, jede Rasse für sich, an möglichst weit auseinanderliegenden Stellen im übrigen Garten gezogen.

Vom dritten Jahr ab (1896—1900) wurde dann folgendes Verfahren angewendet: Die Pollen liefernden Rassen wurden, jede für sich allein, auf Beete ausgepflanzt, die im ganzen botanischen Garten vertheilt waren, und zu jeder dieser Gruppen eine Anzahl Individuen der zu bestäubenden Rassen gesetzt, bis zur doppelten Individuenzahl, so angeordnet, dass alle Rassen gut durcheinander standen. Die zu bestäubenden Pflanzen wurden dann castrirt; für die Uebertragung des Pollens brauchte nicht besonders gesorgt zu werden. So erhielt ich von jedem Beet reine Kolben einer Rasse und durch Bastardbefruchtung entstanden Kolben der übrigen, dazugepflanzten Rassen, oft ganz vollkommen entwickelte Stücke, wie ich sie, wegen der Empfindlichkeit der Narben, bei dem gewöhnlichen Verfahren nicht erhielt. Nachstehend ist der Plan eines solchen Beetes wiedergegeben, in dem *R. alba* (*a*) stäubte, während *R. coeruleodulcis* (*cd*), *cyanea* (*cy*), *dulcis* (*d*), *gilva* (*g*), *nana* (*n*), *Philippi* (*Ph*), *rubra* (*r*) und *vulgata* (*v*) castrirt wurden; *a* war am 5. April, a_2 am 1. Mai gesteckt worden.

v	a_2	*cd*	*g*	*a*	*g*	*Ph*
a	*Ph*	*v*	a_2	*Ph*	*cy*	*a*
r	*n*	*a*	*cy*	*d*	a_2	*g*

Für das Studium der Xenien war diese Methode exact genug, nachdem die Hauptpunkte durch Versuche unter allen Kautelen festgestellt waren. Ich hatte durch möglichst weites Auseinanderrücken der einzelnen Culturplätze und sorgfältige Benützung der Baum- und Gesträuchgruppen, an denen unser grosser Garten so reich ist, dafür gesorgt, dass ein Anfliegen fremden Pollens möglichst ausgeschlossen war, und fand diese Isolirung wirksam, wirksamer, als ich sie selbst erwartet hatte. Es kamen in den fünf Jahren nur ganz vereinzelte Fälle zur Beobachtung, wo eine andere Befruchtung, als die beabsichtigte, eingetreten war, ein so scharfes Kennzeichen dafür auch gerade die Xenien bildeten.

Viel gefährlicher als der anfliegende Pollen war eine andere Fehlerquelle, die ungenügende oder versäumte Castration der zu bestäubenden Pflanzen. War auch die ganze männliche Rispe mit dem obersten Blatt entfernt worden, sobald sie sich zeigte, und wurden auch die Seitensprosse im richtigen Zeitpunkt beseitigt, so konnten doch immer noch einzelne androgyne — an der Spitze oder in der Mitte ♂ — Kolben einigen Unfug anrichten. Wegen der langvortretenden Narben wurden derartige Kolben oft zu spät erkannt. Doch ist die Gefahr in Wirklichkeit nicht immer so gross, als sie erscheint: der Versuch 16 lehrte, dass solche „androgyne" Aehren nur die erwünschten Xenien-Körner enthielten, ebenso die Kolben der völlig castrirten benachbarten Pflanzen von derselben Rasse, so dass also die ♂ Blüthen ganz ohne Einfluss blieben. Ich wurde leider zu spät darauf aufmerksam, so dass ich nicht angeben kann, was die Ursache war, ob die ♂ Blüthen verkümmerte Antheren besassen, ob der Pollen unwirksam war etc. etc. Eine Zeitlang in jedem Jahr mussten die Culturen täglich revidirt werden.

Eine beträchtliche Schwierigkeit für die Experimente bildete die ungleiche Blüthezeit der verschiedenen Rassen. Zwischen annähernd gleichzeitig Stäubenden gelang die Verbindung stets vollkommen; bei den andern suchte ich dadurch nachzuhelfen, dass ich die Aussaat später oder früher machte, je nachdem es sich um eine früher oder später blühende Rasse handelte. So einfach dieses Aushülfsmittel erscheint, es versagte doch oft, einmal wegen der Kürze der Vegetationszeit in unserem Breitengrad, dann wegen der Witterungsverhältnisse in der zugegebenen oder weggelassenen Zeit, die ja nicht im Voraus berechnet werden konnten. Wenn ich einzelne Verbindungen gar nicht zu Stande brachte, so möchte ich zunächst den Grund dafür in der ungleichen Blüthezeit sehen und nicht in dem Mangel an der sexuellen Affinität der Rassen. Entscheidende Versuche können wohl nur in einem wärmeren und vor allem gleichmässigeren Klima angestellt werden[1]).

Das Stecken der vorher eingeweichten, in den späteren Jahren auch sterilisirten[2]) Maiskörner, die Etiquettirung der Töpfe, die Vertheilung für das Auspflanzen, die Castration und die Ernte habe

[1]) Bekanntlich wurden von C. Darwin (893) II, p. 83) Versuche von Gärtner (849, p. 87, 577) und Hildebrandt (868, p. 327) citirt, die eine auffallende Unfruchtbarkeit gewisser Maisrassen untereinander beweisen sollten. Es unterliegt mir aber keinem Zweifel, dass der Misserfolg nicht durch die mangelnde sexuelle Affinität bedingt war; zu der gleichen Ansicht ist schon Koernicke gekommen.

[2]) Es geschah das wegen des Maisbrandes, und zwar durch zweistündiges Einlegen in 1‰ HgCl, 1‰ NaCl 5 cm³ HCl (Laurent, Comptes Rendus 1897, p. 887) mit nachherigem Auswaschen.

ich selbst besorgt. Für jedes Beet wurde vor dem Auspflanzen schon ein Plan gemacht und nach ihm revidirt, so dass später durch Verwechslung oder Verlust der Etiquetten keine Irrthümer vorkommen konnten.

B. Bastarde.

So wichtig die isolirte Aufzucht einer grösseren Anzahl von Bastarden gewesen wäre, so waren ihr doch durch den gegebenen Raum für die Culturen ziemlich enge Grenzen gesteckt. Im botanischen Garten konnten weitere Plätze nicht bepflanzt werden, ohne die Gefahr zu steigern, die der ohnehin nicht sehr bedeutende Abstand der Culturen schon bot. Es wurden deshalb zunächst zwei andere Wege eingeschlagen. Zum Theil wurden die Pflanzen, wie die für die Xenienversuche bestimmten, einzeln in Töpfen herangezogen und dann Handelsgärtnern zum Auspflanzen übergeben, die selbst keinen Mais zogen, und in deren Nachbarschaft keiner gebaut wurde. Zum Theil wurden die Pflanzen aber auch unter solchen der *R. dulcis* ausgepflanzt und castrirt, so dass die Kolben durch den Pollen dieser Rasse entstunden. Diese Bestäubung hätte, wie ich Anfangs meinte, das Aussehen der Bastardkolben gar nicht verändern sollen, denn das der Kolben aller reinen Rassen blieb ja dabei so gut wie unverändert oder ganz unverändert. Das war aber durchaus nicht der Fall, wie der Vergleich von Kolben gleicher Abstammung, von denen die einen durch Selbstbestäubung, die andern durch Bestäubung mit *dulcis*-Pollen entstanden waren, sofort lehrte. Eine Erklärung dafür fand ich erst, als ich bei meinen Erbsenbastarden auf die Mendel'sche Spaltungsregel gekommen war. Von da an wurde gewöhnlich nur mehr der erste Weg eingeschlagen.

IV. Abschnitt.

Die Merkmale der Früchte der Maisrassen.

A. Die Gestalt der Körner (Kategorie I). — B. Die Grösse der Körner (Kategorie II). — C. Die Farbe der Körner. a. Die Farbe der Fruchtschale (Kategorie III). b. Die Farbe der Kleberschicht (Kategorie IV). c. Die Farbe des übrigen Endosperms (Kategorie V). d. Die Gesammtfarbe der Körner. — D. Die Beschaffenheit des Reservemateriales im Endosperm. a. Die chemische Beschaffenheit des Endosperms (Kategorie VI). b. Die physikalische Beschaffenheit des Endosperms (Kategorie VII). — E. Der Bau der Kleberschicht (Kategorie VIII). — F. Das Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm (Kategorie IX).

Die Auswahl der Rassen, die ich zu den Versuchen verwandte, richtete sich zunächst nach der Beschaffenheit der **Früchte (Körner)**, weil es sich zuerst nur um die „Xenien" handelte; dabei wurden jedoch auch genug Verschiedenheiten in der Beschaffenheit der **Kolben**, in ihrer Grösse, ihrer Form, der Zahl der Körnerreihen, der Färbung der Spelzen etc., und in der Beschaffenheit der übrigen Pflanze in den Kauf genommen, aber nur nebenher studirt, weil sich bald zeigte, dass der Einfluss des fremden Pollens nie über das Korn hinaus ging, und auch für das Studium der Bastarde einstweilen die Früchte mehr als genug Merkmalskategorien boten.

Den allgemeinen Bau des Fruchtknotens und der Maisfrucht setze ich als bekannt voraus, brauchbare Abbildungen sind, von Richard an (Archives du Museum, 1811), an vielen Stellen zu finden; eine recht gute gibt Harz (885, Fig. 161).

Die Körner der verschiedenen Rassen unterscheiden sich am auffälligsten in ihrer Gestalt, Grösse und Farbe und in der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Endosperms. Weniger auffällig und deshalb, so viel ich weiss, unbeachtet geblieben, sind die Unterschiede in der Dicke der Fruchtschale, in dem Bau der Kleberschicht, in dem Gewichtsverhältniss zwischen Endosperm und Embryo, in der Färbung des Embryos und in der Schnelligkeit, zu keimen. Die wichtigeren dieser Merkmalskategorien müssen nun genauer durchgesprochen werden. Wegen der Litteratur verweise ich auf Koernicke (885) und Harz (885), einige Spezialarbeiten sind im Text citirt. Alles Mitgetheilte beruht auf eigenen Untersuchungen, doch mag manches schon einmal, hier oder dort, von anderer Seite veröffentlicht worden sein, ohne dass es mir zu Gesichte kam.

A. Die Gestalt der Körner.

(Kategorie I.)

Die Gestalt der Körner hängt von zwei Faktoren ab, von den Raumverhältnissen während ihrer Entwicklung an der Spindel und von vererbten, inneren Ursachen.

Wie die Körner aussehen, wenn sie sich ungehindert entwickeln können, sieht man leicht an Kolben, die, in Folge mangelhafter Befruchtung, nur zerstreut stehende Körner entwickelt haben. Davon weichen dann die in dichtem Bestand gebildeten mehr oder weniger ab, am wenigsten die Rassen mit konischer Form der Körner, alle mit runden Körnern stärker; frei entwickelt fast kuchenförmig flach, werden die Körner, gedrängt stehend, gestreckt und kantig. (Vergl. z. B. *A* und *B* bei Textfig. 4 u. 5.)

Diesen Gestaltsdifferenzen, die von äusseren Einflüssen abhängen (und also bei derselben Rasse oder Sorte vorkommen), stehen die erblichen, auf inneren Ursachen beruhenden gegenüber. Hier sind wieder zweierlei Ursachen zu unterscheiden, solche, die in Wachsthumsvorgängen bestehen, für die besondere Anlagen vorhanden sein müssen, und solche, die auf der chemischen oder physikalischen Beschaffenheit (und dem davon abhängigen Wassergehalt) des Endosperms beruhen, die also schon durch die Anlagen, die das Entfalten dieser Merkmale veranlassen, vererbt werden. Durch solche wird, wie schon lange bekannt, die Gestalt der Zuckermaiskörner bestimmt, aber auch die der Pferdezahnkörner, was, wie ich glaube, noch nicht gezeigt worden ist. Sie sind deshalb auch später, wenn die übrigen Eigenschaften des Endosperms behandelt werden, zu besprechen, uns interessiren hier nur die durch verschiedene innere Wachsthumsvorgänge bedingten Gestalten (Kategorie I.).

Die beiden extremen Formen sind der gewöhnliche, rundkörnige Mais und der Spitzkornmais, der konische Körner mit gerader oder gebogener Spitze, dem „Schnabel", besitzt. Dazwischen stehen Uebergangsformen, die man durch Bastardirung erhalten kann. Es gelang mir erst für die Versuche des Jahres 1898 eine Spitzkornrasse aufzutreiben, die in der Farbe und in der Beschaffenheit des Endosperms der gewöhnlichen Rasse (*vulgata*), entsprach, doch waren die Körner etwas kleiner, sie wird wohl die *var. acuminata* Koernicke's sein (Textfig. 1; Fig. 14, 15, Tafel I). Das Saatgut zeigte sehr verschieden stark zugespitzte Körner, und so fiel auch die Ernte nicht gleichmässig aus, obschon die spitzesten Körner ausgesucht worden waren. Jede Pflanze trug nur Kolben mit gleich ausgebildeten Körnern, und auch die am kürzesten zugespitzten waren von den bei meinen

Versuchen verwendeten, rundkörnigen Rassen sehr auffällig verschieden. Zu den letzten Versuchen (1900) konnte ich dann noch die *R. leucoceras* („Popkorn“) benützen, die sich ähnlich zur *R. alba* verhielt wie die *R. acuminata* zur *R. vulgata*, und constant war (Textfig. 6; Fig. 5—8, Taf. I). — Bei beiden besitzt der Fruchtknoten schon vor der Befruchtung eine spitzere Form.

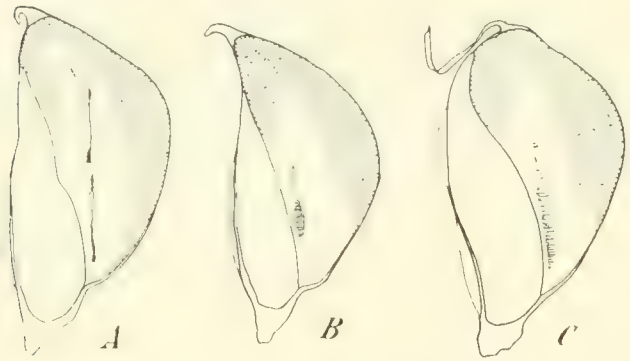


Fig. 1. *R. acuminata.*
Sagittalschnitt durch drei Körner von verschiedenen Pflanzen. Der mehlige Theil des Endosperms, mit luftführenden Spalten, ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.)

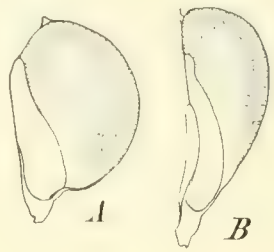


Fig. 2. *R. cyanornis.*
Sagittalschnitte durch zwei Körner verschiedener Pflanzen. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.)

Von diesen beiden Rassen wich eine dritte, *cyanornis*, in der Form wesentlich dadurch ab, dass ihre Körner nicht konisch, sondern rundlich und nur kurz zugespitzt waren. (Textfig. 2: Fig. 27, 28, Taf. I).

Die genauere Untersuchung hat mich davon überzeugt, dass die Form der Körner einzig von der Form der **Fruchtschale** abhängt, dass diese eine wirkliche „Form“ bildet, die das Endosperm und der Keimling nur ausfüllen, fast wie das geschmolzene Metall die Gussform.

Ich stütze mich dabei auf folgende Thatsachen:

1. Man findet hie und da, z. B. in Kolben der *R. acuminata*, aber auch bei rundkörnigen Rassen, „taube“ Körner, die, abgesehen von ihrer etwas geringeren Grösse, genau die Form der normalen Körner haben, aber nur aus der Fruchtschale bestehen. Diese kann also für sich allein die charakterische Form annehmen.

Fig. 3. *R. cyanornis.*
Sagittalschnitt durch ein Korn, dessen Fruchtschale geplatzt war (bei *x*, *x*). Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.)

2. Man findet nicht selten Körner, bei denen durch zu starke Volumzunahme des Inhaltes die Fruchtschale gesprengt ist. Das frei sich entwickelnde Endosperm bildet dann einen runden Körper, es nimmt also für sich allein keine spitze Form an. Am häufigsten war das bei der *R. cyanornis* zu beobachten (Textfig. 3; Fig. 96, 97, Taf. I). Bei den beiden anderen spitzkörnigen Rassen ist die Fruchtschale, wohl gerade wegen ihrer Bedeutung für die Gesammtform, fester gebaut und reisst ausserdem gewöhnlich, aus rein mechanischen Gründen, nicht bis zur Spitze auf.

Mit der vorgetragenen Ansicht steht in Einklang, dass bei Kolben mit lang geschnäbelten Fruchtschalen das Endosperm und der Keimling die „Form“ oft nicht ganz ausfüllen, sondern an

der Spitze der Frucht ein leerer Raum bleibt, der von einem im wesentlichen aus der Samenschale bestehenden Strang durchzogen wird. Das Endosperm ist eben nur eine plastische, nicht eine flüssige Masse, und schliesslich überwiegt das Streben nach der eigenen Form (Textfig. 1, *A*, *B*).

Wir kennen einige ähnliche, merkwürdige Fälle von *Vicia Faba*, wo ein Cotyledon des in abnormer Lage entwickelten Keimlings die Samenschale mit ihren, für die Keimwurzel berechneten Vorsprüngen ausgegossen hat[1]).

Während also hier scheinbar drei Merkmals-Kategorien zu unterscheiden wären: Form der Fruchtschale, des Endosperms und des Embryos, dürfen wir uns mit Fug auf die erste, die **Form der Fruchtschale,** beschränken.

Nicht selten fand ich bei einigen Rassen Körner, die trocken einzelne kleine Grübchen oder kürzere oder längere, zuweilen verzweigte Furchen zeigten, die beim Einquellen verschwanden, beim Austrocknen wiederkehrten. An diesen Stellen besass das Endosperm Grübchen oder Falten mit abgerundetem Rande und scharf eingestochenem oder eingeschnittenem Grund, V oder Y, die von der Kleberschicht ausgekleidet und offenbar durch Wachsthumsvorgänge des sich selbständig entwickelnden Endosperms zu Stande gekommen waren. Beim eingequellten Korn war die Fruchtschale so straff darüber gespannt, dass nichts von ihnen zu sehen war, beim Austrocknen sank sie an diesen Stellen etwas ein, weil sie sich in tangentialer Richtung nicht so stark contrahirte, wie das Endosperm. Durch dieses Faltenwerfen der Kleberschicht (das also auf ganz andere Weise als beim Zuckermais eintrat) bekamen zuweilen blaue Flecke zufällig einen scharfen Contour, wo sie eigentlich diffus abgegrenzt waren, weil die wahre Grenze in der Falte steckte.

B. Die Grösse der Körner.

(Kategorie II.)

Im Folgenden ist zur Beurtheilung der Grösse der Körner stets ihr Gewicht benützt worden, statt ihres Volums. Beide Werthe können sich nur annähernd decken, weil der Luftgehalt der der Körner, vor allem der des Endosperms, merklich verschieden sein kann. Trotzdem schien mir, bei dem weiten Spielraum, in dem sich auch hierin die einzelnen Früchte derselben Rasse, ja desselben Kolbens, bewegen, dieser Weg noch lange genau genug.

Für jede Rasse ist ein bestimmtes Gewicht der Körner charakteristisch, man kann solche mit kleinen (bis 100 mgr), mittleren (100 bis 200 mgr) und grossen (200 bis 400 mgr und mehr) unterscheiden.

Zwei der zu meinen Versuchen benützten Rassen hatten kleine Körner: *nana* und *cyanornis*, zwei mittlere: *acuminata* und *leucoceras*, der Rest, neun Rassen, grosse.

Bei derselben Rasse schwankt das Gewicht der Körner verschiedener Individuen, auch bei Inzucht, beträchtlich, ebenso das der Körner desselben Kolbens. Es ist richtig, wenn Wilhelm[2]) die Körner des untersten Drittels des Kolbens als die schwersten bezeichnet; das gilt aber nur für

[1]) Zimmermann, A. Ueber zwei abnorme Embryonen von Vicia Faba. Berichte d. Deutsch. Botan. Gesellschaft, Bd. XI. p. 18. (1893).

[2]) Oesterr. landw. Wochenbl. 1875. p. 173 (cit. n. Koernicke und Werner, II, 819).

den Durchschnitt, die schweren Körner sind dort nur häufiger, die leichten nur seltener, als in der Mitte (vergl. hiezu auch Thiele, 898, p. 106). Bei meinen Wägungen wurden die Körner entweder aus der Mitte der Kolben oder von einem Streifen von der Basis bis zur Spitze des Kolbens genommen. Die nebenstehende Tabelle 2 bringt einen Theil derselben und zwar das Gewicht je eines Kornes in mgr, als Durchschnitt von einer grösseren Anzahl Körner, wie viel es waren, gibt jedesmal die kleine eingeklammerte Zahl an[1]).

Zahlreichere Wägungen wurden nur bei jenen Rassen ausgeführt, bei deren Bastarden gerade die Grösse des Kornes in erster Linie untersucht werden sollte.

Man sieht, dass die Zuckermaisrassen eine ziemlich isolirte Stellung unter den grosskörnigen Rassen einnehmen: sie besitzen die leichtesten Körner. Ehe die Körner auszutrocknen anfangen, haben sie dasselbe Volum, wie die der übrigen grosskörnigen Rassen; ihr geringeres Gewicht im lufttrockenen Zustand beruht also darauf, dass sie frisch mehr Wasser enthalten, und dies hängt wieder mit der chemischen Beschaffenheit des Reservematerials zusammen, wie die Runzelbildung bei dem Austrocknen etc.[2])

Es ist das der Beweis dafür, dass die Grösse des Maiskornes von der Grösse der Fruchtschale abhängt. Ein Korn der *R. dulcis* weicht also von einem der *R. alba* (wenn wir von dem geringen Unterschied in der Färbung der Fruchtschale absehen) nur in einem Merkmal ab, das eine der *R. alba* fehlende Anlage braucht, in der chemischen Beschaffenheit des Endosperms: für die Grösse (das Volum) der Körner haben beide Rassen dieselbe Anlage, während z. B. die Rassen *alba* und *leucoceras* verschiedene haben müssen. Wie das Wachsthum der Fruchtschale von der Entwicklung von Keim und Endosperm unabhängig ist, haben wir schon gesehen (p. 26).

Nun ist freilich auf der andern Seite nicht ausser Acht zu lassen, dass auch das Wachsthum des Endosperms und des Keimes sich von dem der Fruchtschale frei machen kann — wenn sie die Fruchtschale sprengen und sich weiter entwickeln —; in anderen Fällen wird wohl die Schale noch etwas nachgeben, ohne zu springen, während sie umgekehrt auch auf die Entwicklung des Endosperms (Ausbildung des hornigen Theiles durch das Hemmniss, das sie bildet) von Einfluss ist.

Das Volum des Kornes, und damit, soweit die Beschaffenheit des Endosperms die gleiche ist, auch dessen Schwere, ist also das Ergebniss des Kampfes zwischen der (zu engen) Fruchtschale und dem Embryo und Endosperm, die sich noch weiter ausdehnen könnten; dabei bleibt die Fruchtschale meist Sieger, zuweilen nach anfänglichem Nachgeben. Die Existenz dieses letzteren soll nun noch bewiesen werden.

Es ist festgestellt worden, dass bei Kreuzung innerhalb derselben Rasse die Körner des Maises schwerer werden, als bei Selbstbestäubung (Beal, 882, p. 452). Das muss auch für die Bastardirung gelten, so lange die sexuelle Verwandtschaft der vereinigten Rassen gross genug ist. Entsprechende Angaben hat z. B. Mc Cluer (892) gemacht (vergl. auch Swingle und Webber, 897, p. 403), auch ich habe etwas Aehnliches (Zahl der Samen pro Pflanze) bei Erbsenbastarden beobachtet (900, a). Ich kann aber auch für das erste Jahr, das Jahr der Bastard-Bestäubung, eine Gewichtszunahme der Körner nachweisen; die Xenienkörner, durch Bestäubung der grosskörnigen

[1]) Es sind natürlich schon sehr viele solche Wägungen ausgeführt worden, vergl. Koernicke und Werner (885, II, p. 772—819), Harz (885, p. 104), Thiele (898, p. 110—152) etc.

[2]) Ich habe leider versäumt, das Frischgewicht reifer Zuckermaiskörner zu bestimmen, beim Einquellen nehmen die einmal ausgetrockneten gewiss ihr Frischgewicht nicht mehr ganz an, sie werden ja auch kaum mehr ganz glatt.

Tabelle 2.

A. Rassen mit kleinen Körnern.

R. nana.

87

a. 58,9 (10)
b. 74,5 (50)
c. 81,9 (20)
93,1 (d. 5 grössten)
75,7 (d. 5 kleinsten)
d. 84,5 (20)
104,0 (d. 5 grössten)
60,5 (d. 5 kleinsten)
e. 89,0 (10)
f. 106,4 (20)
120,6 (d. 5 grössten)
90,8 (d. 5 kleinsten)
g. 116,0 (10)
[h. 178,2 (12)][1])

R. cyanornis.

51

a. 56,4 (50)
b. 46,5 (48)
55,3 (5 grosse)
36,7 (5 kleine)

B. Rassen mit mittelgrossen Körnern.

R. acuminata.

166

a. 129,6 (30)
126,7 (10 beliebige)
b. 167,5 (10)
c. 199,3 (25)
193,7 (20 beliebige)

R. leucoceras.

125

a. 75,9 (20, locker)
59,0 (d. 5 kleinsten)
b. 116,6 (25, locker)
145,4 (d. 5 grössten)
82,6 (d. 5 kleinsten)
c. 130,8 (80, Aussaat)
d. 133,9 (20, dicht)
123,0 (d. 5 kleinsten)
e. 168,4 (25, dicht)
174,0 (d. 5 grössten)

C. Rassen mit grossen Körnern.

a. Zuckermaisrassen.

R. coeruleodulcis.

205

a. 175,3 (20)
a[1]. 182,1 (20, vom selben Kolben)
b. 201,0 (26)
c. 204,0 (10)
d. 209,2 (10)
e. 237,0 (40)

R. dulcis.

224

a. 181,5 (13)
b. 185,3 (12)
c. 238,0 (22, Aussaat)
d. 288,4 (12)

b. Pferdezahnrassen.

R. leucodon.

450

a. 446 (3, locker)
a[1]. 453,7 (3, vom selben Kolben, dicht)

c. Uebrige Rassen.

R. alba.

353

a. 226,2 (20)
203 (d. 10 kleinsten)
b. 289 (10)
c. 319 (10)
d. 322 (24)
e. 329 (100, Aussaat)
f. 368 (100, Aussaat)
g. 379,3 (21)
h. 392,9 (20)
i. 403 (10)
k. 410,4 (12)
368,3 (d. 3 kleinsten)
436,3 (d. 3 grössten)
l. 441,3 (48)
420,5 (d. 16 kleinsten)
448,3 (16 aufgesprungene)
462,5 (die 16 grössten)

R. Philippi.

a. 347 (12)

R. vulgata.

345

a. 190 (17)
b. 306,4 (26)
298,1 (d. 10 kleinsten)
313,1 (d. 10 grössten)
c. 324 (20)
d. 376,9 (50)
e. 381 (10)
f. 392 (50, Aussaat)
g. 447,5 (10)

R. gilva.

a. 300,9 (50, Aussaat)

R. cyanea.

376

a. 357 (18)
b. 394 (10)

R. rubra.

314

a. 182 (6)
b. 280 (9)
c. 334 (12)
d. 380 (4)
e. 396 (20)

[1]) Diese Pflanze war, wie ich nachträglich mit Bestimmtheit angeben kann, ein Bastard, wohl *nana* + *vulgata*; sie trat bei der Aussaat von neu bezogenem Saatgut auf, das aus lauter ganz kleinen Körnern bestand.

R. alba mit der kleinkörnigen *R. nana* erzeugt, sind durchschnittlich schwerer, als die Körner der *R. alba*, die durch Selbstbestäubung entstanden sind. Da nun ausgeschlossen ist, dass die Beschaffenheit der Fruchtschale durch die Bastardbestäubung irgendwie geändert worden ist, und auch die Beschaffenheit des Endosperms die gleiche blieb, müssen das Endosperm und der Embryo, die durch die Bastardbestäubung entstanden sind, dem Widerstand der Fruchtschale gegenüber irgendwie stärker sein, als die bei Inzucht entstehenden; die Fruchtschale muss etwas nachgeben — ohne zu reissen.

Für die Vererbung haben wir also zunächt zweierlei Differenzen in der Körnergrösse unter den Rassen zu unterscheiden, primäre, für die besondere Anlagen in dieser Kategorie „Grösse" vorhanden sein müssen, und secundäre, die als Folgeerscheinungen einer Anlage auftreten, die einer ganz andern Kategorie (chemische Beschaffenheit des Reservematerials im Endosperm) angehört.

Scheinbar hätten wir bei den primären wieder drei Merkmalskategorien zu unterscheiden: Die Capacität der Fruchtschale, das Volum (oder Gewicht) des Endosperms und das Volum (oder Gewicht) des Embryos. Nach dem Ausgeführten dürfen wir uns im Wesentlichen auf die erste beschränken, die **Capacität der Fruchtschale.** Denn bei den grossen Differenzen, um die es sich hier handelt, kommen die geringen, durch das etwas variable Gewichtsverhältniss von Embryo und Endosperm bedingten Schwankungen im absoluten Gewicht des Endosperms (Kategorie IX) nicht in Betracht.

C. Die Farbe der Körner.

Die Gesammtfarbe des Maiskornes hängt von der Färbung dreier verschiedener Partien ab, von der der Fruchtschale, der der Kleberschicht und der des übrigen Endosperms; sie liefert also drei Merkmalskategorien. Die Färbung der Kleberschicht ist entweder gleich der des übrigen Endosperms oder eine besondere, die bei den übrigen Endospermzellen nicht auftritt; es kommt nicht vor, dass von den beiden, dem übrigen Endosperm eigenthümlichen Färbungen die Kleberschicht die eine besässe, das übrige Endosperm die andere, dass sie etwa gelb wäre, wenn dieses weiss ist, oder weiss, wenn dieses gelb ist. Hievon abgesehen, sind alle diese Kategorien untereinander völlig unabhängig, ein bestimmtes Verhalten in dem einen Punkt verträgt sich mit jedem in einem anderen.

Fruchtschale und Endosperm kommen in zwei extremen Zuständen, in einem gefärbten und einem fast farblosen, vor — die Kleberschicht in drei, den zwei dem übrigen Endosperm eigenen und einem besonderen. Die Schwankungen in dem Charakter der Färbung sind gering, jene in der Intensität sehr gross. Eine localisirte Ausbildung des Farbstoffes, eine „Scheckung," kommt nach meinen Erfahrungen bei dem eigentlichen Endosperm nur ganz ausnahmsweise vor, wohl aber bei der Kleberschicht, soweit der ihr eigene Farbstoff in Frage kommt, und bei der Fruchtschale.

Wir betrachten zunächst das Verhalten der einzelnen Kategorien für sich, um dann zu zeigen, wie sie die Gesammtfärbung des Kornes bedingen[1]).

a. Die Farbe der Fruchtschale.

(Kategorie III.)

Die Farbe der Fruchtschale schwankt zwischen weisslich, bräunlichgelb, rosa, rothbraun und rubinroth. Völlig farblose Fruchtschalen sind mir nicht vorgekommen.

[1]) Die Mittheilung Poisson's „Sur la coloration des grains de Mais" (Associat. franç. pour l'avanc. d. Sciences, 1878) konnte ich nicht vergleichen.

Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, dass mindestens zwei verschiedene, wenn auch vielleicht verwandte Farbstoffe vorkommen, ein rother und ein gelber, die sich auch gemischt in derselben Zelle finden. Genaueres scheint über sie nicht bekannt zu sein. Beide sind in kaltem Wasser, absolutem Alkohol, Aether, Chloroform und Benzol unlöslich, von kochendem Wasser wird etwas Farbstoff ausgezogen. Bei reinem Roth tritt auf den Zusatz von Kalilauge die Umfärbung in Blau ganz typisch ein, auch bei den Membranen, sonst wird die Farbe braun: Eisenchlorid gibt eine Umfärbung in Graubraun, ebenso Osmiumsäure. Die farblosen Membranen färben sich in Kalilauge gelb, andere Reactionen habe ich früher[1]) beschrieben. Der rothe Farbstoff ist wohl ein Anthocyan, über die Natur des gelben lässt sich gar nichts sagen.

Reines Roth, Rosa ohne eine merkliche Beimengung von Gelb habe ich nur gelegentlich an Körnern der Rassen *alba* und *vulgata* auftreten sehen, nie auf der ganzen Oberfläche, sondern in Flecken, oft fein gesprenkelt, nahe am Grunde der Körner. Doch kommt es offenbar auch als constante Färbung vor.[2])

Das Rubinroth meiner *R. rubra* enthält neben viel Roth schon etwas Gelb. Es geht das aus der Entwicklungsgeschichte hervor (vergl. unten). Die microscopische Untersuchung lehrt, dass der Zellinhalt in der ganzen Dicke der Fruchtschale gefärbt ist, ziegelroth bis blutroth, während die Membranen nur nach Innen zu — etwa von $^1/_2$ bis $^3/_5$ an (von aussen gerechnet) — bis zur Kleberschicht, den Farbstoff besitzen; die dicken, getüpfelten Wände der äusseren Zellschichten (mit denen der Epidermis [*m* und *ep* bei Möller's Fig. 84][3]) sind vollkommen farblos.

Die rothbraune Färbung der Fruchtschale bei der *R. Philippi* beruht darauf, dass die Färbung des Inhaltes neben einander liegender Zellen in allen möglichen Uebergängen von reinem Rosa zu Orange (mit einem Stich ins Bräunliche) schwankt. Für die einzelne Zelle ist die Färbung homogen, auch gleich stark, während die Intensität sich ebenfalls von Zelle zu Zelle ändert, hier fast null ist, dort sehr stark. Man sieht das auf Flächenschnitten besser als auf Längsschnitten. Der Farbstoff sitzt vor allem in der äusseren Hälfte der Schale, auch in den Membranen, ist aber dort viel schwächer. Je reiner das Roth ist, desto deutlicher ist bei Zusatz eines Alkali die Umfärbung in Blau (resp. Grauviolett).

Bei den blass bräunlichgelben Fruchtschalen ist die Farbe, soweit das festzustellen war, genau ebenso vertheilt, wie bei den rothen. Ganz farblos fand ich keine Fruchtschale, selbst bei den „weissen" Rassen — *leucodon*, *alba* — ist das Endosperm nach Entfernung der Schale reiner weiss als zuvor; stark bräunlichgelbe Schalen hatten z. B. die Rassen *vulgata* und *dulcis*.

Bei allen Körnern nimmt die Färbung von der Mitte nach der Basis zu ab; die bräunlichgelblichen und die rothbraunen sind aber auch auf der Kuppe der Körner (um die Griffelbasis herum) deutlich heller gefärbt. Für die *R. rubra* (wo das nicht der Fall ist) wurde festgestellt, dass die Rothfärbung zuerst dort (um die Griffelbasis herum) auftritt, und zwar ziemlich spät, wenn das Korn seine definitive Grösse schon erreicht hat, etwa auf halber Dicke der Schale, und im Zellinhalt. Zunächst ist der Ton heller und mehr rothbraun (weil das Gelb stärker hervortritt), um dunkler

[1]) Correns, C., Ueber die vegetabilische Zellmembran. Pringsheim's Jahrbücher für wissensch. Botanik, Bd. XXVI, p. 624 (1894).

[2]) Es ist das wohl das „Krapproth" Koernicke's (885. I. 337.)

[3]) Möller, J., Microscopie der Nahrungs- und Genussmittel. Berlin. 1886.

und mehr roth zu werden in dem Masse, als mehr Anthocyan gebildet wird; die Grenze gegen den noch ungefärbten Theil ist verschwommen, und wie man mit der Loupe sieht, gestrichelt.

Die fast farblose oder gelbliche Fruchtschale kommt in zwei erblichen Modificationen vor: gut durchsichtig, wenn ihre Zellen keine Luft führen, und wenig durchsichtig, wenn sie lufthaltig sind. Bei ganz unreif getrockneten Körnern dürfte bei allen Rassen die Schale lufthaltig werden, bei den völlig reifen Körnern ist sie, je nach der Rasse, bei allen Körnern aller Individuen gleich, entweder gut oder wenig durchsichtig: letzteres ist der seltenere Fall (*R. coeruleodulcis* und *cyanea*). Eine Ausnahme schienen einzelne Kolben der *R. vulgata* und *acuminata* zu bilden, bei denen die sonst durchsichtige Fruchtschale undurchsichtig war, vielleicht waren sie doch nicht ganz reif geworden. — Bei stark gefärbten Fruchtschalen habe ich nie etwas von einem Luftgehalt beobachtet, vielleicht weil das Zelllumen von Farbstoffmassen ausgefüllt wird.

Ob sich die Fruchtschale so oder so verhält, ist von Einfluss auf die Gesammtfärbung des Kornes, wie später gezeigt werden wird (p. 37).

Schliesslich sind noch einige Erscheinungen zu besprechen, die auf die Farbe der Fruchtschale und damit auf die des ganzen Kornes von Einfluss, aber mehr krankhafter Natur und — sicher zum Theil, wahrscheinlich aber alle — nicht erblich sind.

Nicht selten findet man Kolben, deren Körner fein weiss gestreift erscheinen, besonders auffällig bei blauen und gelben Körnern. Die Streifen verlaufen stets in der Richtung, in der die Zellen des äusseren Theiles der Fruchtschale gestreckt sind; es sind nichts anderes, als luftführende Partien derselben, die gewöhnlich durch einen Spalt mit der Atmosphäre in Verbindung stehen.[1]) Die microscopische Untersuchung lehrt, dass die ersten Spuren einer Veränderung in den dicken Mittellamellen auftreten, es bilden sich Lücken, die sich vergrössern, auch in der secundären Zellmembran entstehen solche; schliesslich verschwinden die Mittellamellen streckenweise ganz, die secundären Lamellen theilweise. Organismen, auf deren Thätigkeit sich diese Veränderungen zurückführen liessen, waren nicht zu finden, weder Pilze noch Bacterien, auch nicht durch verschiedene Tinktionen; doch ist an ihrem Vorhandensein kaum zu zweifeln.

Wiederholt wurde bei schwach gefärbten Fruchtschalen das Auftreten brauner, breiterer oder schmalerer Streifen und Flecken beobachtet. Fig. 104, Taf. I stellt einen solchen Fall bei der *R. nana* dar. Die Färbung sitzt vorzüglich oder allein in den Zellmembranen. Ob die Veränderung erblich ist, wurde nicht geprüft, wahrscheinlich ist auch sie pathologischer Natur; sie trat nur bei einzelnen Körnern eines Kolbens auf. Bastardirung ist bei ihrer Entstehung absolut ausgeschlossen, beachtenswerth ist die Aehnlichkeit mit weiss (oder gelb) und roth gestreiften Körnern.

Endlich wurde, ebenfalls bei Fruchtschalen, die sonst schwach gefärbt waren, die Bildung eines stark gelben Farbstoffes beobachtet, der dem Korn die Gesammtfarbe der *R. gilva* oder *vulgata* geben kann, während man beim Anschneiden ein **weisses** Endosperm findet (Taf. I, Fig. 105). Diese

[1]) Legt man solche Körner in Wasser, so verschwinden die Streifen, weil das Wasser die Höhlungen ausfüllt, beim Austrocknen erscheinen sie wieder. Je dunkler der Hintergrund, desto auffälliger sind natürlich die Streifen; bei weissen Körnern fallen sie nur auf, wenn (nachträglich) dunkle Pilze sich in die Lücken eingenistet haben.

Veränderung ist zweifellos pathologischer Natur, sie beginnt an der Basis der Kolben und wurde nur bei solchen beobachtet, deren Spindel etwas angefault war, kann aber sehr leicht zu Täuschungen Veranlassung geben. Der Farbstoff sitzt in den Membranen und wird von destilliertem Wasser ausgezogen.

b. Die Farbe der Kleberschicht.

(Kategorie IV.)

Die Kleberschicht ist entweder in gleicher Weise gefärbt, wie die darunterliegenden Partien des übrigen Endosperms, oder bildet ihren eigenen Farbstoff aus, dessen Nuance zwischen blau und rothviolett schwankt. Diese Färbung besassen drei Rassen: *cyanea*, *coeruleodulcis* und, in etwas abweichender Nuance, *cyanornis*.

Feine radiale oder tangentiale Schnitte, in Mandelöl (oder Xylol etc.) untersucht, lehren, dass die Färbung ganz ausschliesslich durch die Aleuronkörner zu Stande kommt[1]). Sowohl bei der *R. cyanea* als bei der *R. coeruleodulcis* kann bei den einzelnen Körnern in direct nebeneinander liegenden Zellen und auch in derselben Zelle die Nuance zwischen reinem Kobaltblau und Krapproth, also einem Roth mit einem merklichen Stich ins Blau schwanken, die meisten sind violett, bald mehr blauviolett, bald mehr rothviolett. Die Intensität ist ebenfalls sehr verschieden, kleine Körner können stärker gefärbt sein als grosse, ebenso kann die Gesammtfarbe einer Kleberzelle alle möglichen Abstufungen aufweisen, von intensivem Blauviolett bis zu eben noch erkennbarem Blassblau herab; dabei können alle Aleuronkörner annähernd gleich stark gefärbt sein. Der Farbstoff ist in Wasser löslich, Essigsäure verwandelt das Blau und Blauviolett in Roth, er ist also ein Anthocyan; das Magma, in dem die Körner eingebettet liegen, ist stets farblos, ebenso die Wand der Kleberzellen.

Der Farbstoff tritt erst spät auf, wenn das Korn annähernd ausgewachsen ist, zuerst um die Griffelbasis herum, gewöhnlich so, dass die Spitze des Korns gesprenkelt erscheint, und rückt in gleicher Weise, also im Zickzack, vor, während hinterher die kleinen Flecken zu einem grossen Fleck zusammenschmelzen. Der Saum kann mehr roth oder mehr blau sein, später erst kommt für das blosse Auge die violette Gesammtfärbung zu Stande (Fig. 100—102, Taf. I).

Die Kleberschicht bedeckt bekanntlich auch den Embryo. Diese Partie ist aber gewöhnlich nur vom Rande aus mehr oder weniger weit hinein gefärbt, sonst farblos. Als Ausnahme habe ich auch beobachtet, dass der Keimling denselben Farbstoff führte, vor allem das Scutellum, und hier wieder die Epidermis, dann der Cotyledon, besonders an der Spitze, wieder in der Epidermis am stärksten; die Gefässbündel beider, die Spaltöffnungen und die Knospe selbst blieben farblos, dagegen war hier die ganze Kleberschicht rundum gefärbt. In den Epidermiszellen des Cotyledon und des Scutellum war deutlich zu sehen, dass auch diese Färbung auf der Anwesenheit violetter Aleuronkörner beruhte. — Das Endosperm fand ich nie gefärbt.

Bringt man Schnitte durch das Endosperm und die Kleberschicht einer weissen oder gelben Rasse in eine Lösung von Anthocyan in Glycerin — wie man sie z. B. durch Extraction der Häute blauer Trauben mit concentrirtem Glycerin erhalten kann —, so sieht man, dass die Aleuronkörner das Anthocyan speichern. Doch färben sich alle gleich, nicht ein Theil mehr roth, ein Theil mehr blau. Dasselbe thun aber auch die Wände der Kleberzellen; der Farbstoff kann also bei den blauen

[1]) Man sieht oft deutlich, wie die gefärbte Masse das farblos bleibende, wie eine Vacuole aussehende Globoid umschliesst.

Rassen nicht als solcher einwandern (weil hier die Wände farblos bleiben), er muss in den Kleberzellen gebildet werden, eine Thatsache, die, wegen der Xenienbildung, noch besonders festgestellt werden musste.

Bei den Xenien und den Bastarden zeigte sich, dass sich das Violett in Blau und Rothviolett trennen kann, es treten selbst am selben Korn und nebeneinander blaue und violette Flecken auf (z. B. Fig. 65—72, Taf. I.). Durch geeignete Auswahl bei der Aussaat würden sich wohl aus der *R. cyanea* rein blaue und rothviolette Rassen züchten lassen; die einen werden der *var. caesia*, die anderen der *var. violacea* Koernicke's entsprechen. Für die Vererbungsfragen unterscheiden wir im Folgenden einfach zwischen blauer und nicht blauer Kleberschicht, ohne die mehr rothe und die mehr blaue Nuance zu trennen; es wäre aber wünschenswerth, ihr gegenseitiges Verhalten bei der Bastardirung zu kennen. Es ist wohl sicher, dass beide dieselbe Anlage besitzen und dass die Entfaltung oder Nichtentfaltung einer Anlage aus einer andern Kategorie die Nuance bedingt.

Die Aleuronkörner können auch gelblich gefärbt sein, wie wir gleich sehen werden, es ist das, meines Wissens, der erste Fall, dass die gleichen Gebilde Träger eines blauen bis rothen, anthocyanartigen Farbstoffes und eines gelben (lipochromartigen?) sein können, es sind eben keine Chromatophoren, sondern Vacuolen mit festem Inhalt. Es war mir nicht möglich, festzustellen, ob bei Xenien blaue und gelbliche Körner in der selben Zelle vorkommen können; bei den untersuchten Xenien der *R. coeruleodulcis* auf der *R. vulgata* war eine Färbung der nicht blauen Aleuronkörner überhaupt nicht erkennbar.

c. Die Farbe des (übrigen) Endosperms.

(Kategorie V.)

Soweit die Kleberschicht nicht ihren besonderen Farbstoff ausgebildet hat, zeigt sie das Verhalten des übrigen Endosperms, wie wir bereits sahen.

Das Endosperm ist entweder fast farblos oder gelb gefärbt. Im ersten Fall wird das Weiss durch den gelblichen Ton der Fruchtschale stets etwas verdeckt, ich kenne keinen „weissen" Mais, bei dem die Körner nicht nach dem Abziehen der Schale reiner weiss wären. Ganz farblos ist kein Maisendosperm. So weit es mehlig ist, erscheint es schneeweiss, je mehr es aber hornig und glasig wird, desto deutlicher tritt eine blasse, gelblich-bräunliche Färbung hervor; bei der *R. leucoceras* und der *R. dulcis* ist sie am deutlichsten (Fig. 5—8, 20—22, Taf. I.). Weicht man ein solches Korn in Wasser ein, so wird es undurchsichtig und weisser, bei der *R. leucoceras* kann es ganz wie eines der *R. alba* aussehen, was bei der *R. dulcis*, die mir vorlag, wegen der bräunlicheren Fruchtschale nie ganz geschah. Im zweiten Fall schwankt die Intensität vom blassesten Gelb bis zu tiefem Orange, die Nuance zwischen rein Gelb und Orange. Die Färbung nimmt von innen nach aussen zu, der mehlige Theil war bei ganz reifen Körnern stets rein weiss, die Kleberschicht am intensivsten gefärbt (soweit sie nicht ihren eigenen Farbstoff ausgebildet hat). Das ganze Korn erscheint demnach dort heller, wo der mehlige Theil des Endosperms näher an die Oberfläche herankommt; bei der gelben Rasse des Pferdezahnmaises muss deshalb die Kuppe des Kornes mit ihren „Kunden" heller sein als die Kuppe eines Kornes der *R. vulgata*.

In der Kleberschicht sind ganz unzweifelhaft die Aleuronkörner die Träger des gelben Farbstoffes; sehr zarte Schnitte aus dem trockenen Korn, in Mandelöl untersucht, lehren, dass sie ganz blass-gelblich sind und in einem völlig farblosen Magma liegen. Bei den übrigen Endosperm-

zellen ist, bei gleicher Behandlung der Schnitte, soviel sicher auszumachen, dass die Färbung in den Plasmalamellen (und nicht etwa in den Stärkekörnern oder Zellmembranen) sitzt; doch gelang es mir nicht, besondere Farbstoffträger nachzuweisen. Legt man die Schnitte, statt in Oel, in Wasser, so sieht man, wie schon lang bekannt, dass die Plasmalamellen zwischen den Stärkekörnern fast allgemein „Körnchen" führen. Nach der Tinktion mit Säurefuchsin treten diese durch ihre intensiv rothe Farbe noch besonders hervor. Als ich aber (nach Zimmermann)[1]) die Schnitte mit einer gesättigten Lösung von Pikrinsäure und Sublimat in absolutem Alkohol behandelt hatte, um allenfalls vorhandene Chromatophoren lege artis nachzuweisen, erhielt ich nach der Tinktion mit Säurefuchsin gerade das umgekehrte Bild: ein rothes Netzwerk mit (fast) farblosen Maschen. Die genauere Untersuchung lehrte, dass das Sublimat die Körnchen aufgelöst hatte. Ob diese Körnchen, wie die Aleuronkörner (diese lösen sich nicht in Sublimatalkohol), die Träger des Farbstoffes sind, muss unentschieden bleiben; in Oel liegende Schnitte lassen sie nicht unterscheiden, in Wasser wird die Masse so trüb, dass die Farbe verschwindet.

Angaben über die Natur des Farbstoffes habe ich nicht finden können. Er erinnert in vielen Punkten an das Carotin. In Wasser (und in Mandelöl) ist er unlöslich, lässt sich aber leicht mit Aether, Alkohol, Chloroform, Benzin, Benzol, Schwefelkohlenstoff ausziehen; dasselbe Quantum Material (ein Polenta-Mehl) gab mit derselben Menge des Lösungsmittels verschiedene Lösungen, nicht nur in der Intensität, sondern auch in der Nuance. So war vor allem die Lösung in Schwefelkohlenstoff ziegelroth, gleichgiltig, ob sie direct aus dem Mehl oder aus dem Rückstand hergestellt wurde, der nach dem Verdunsten der reingelben Benzollösung übrig blieb. Soweit stimmt der Farbstoff mit dem Carotin überein. Als ich aber die alkoholische Lösung nach dem Recepte Hansen's[2]), das auch Zopf[3]) befolgte, verseifte, aussalzte und extrahirte, erhielt ich wohl einen strahlig-krystallinischen Rückstand, der jedoch mit conc. Schwefelsäure braun, nicht grün oder blau wurde und mit Jodkaliumlösung nicht reagirte. Danach wäre der Farbstoff kein Carotin, und die Thatsache, dass er nicht an Chromatophoren gebunden ist, kann dies Resultat nur noch wahrscheinlicher machen. Die Reaction mit Schwefelsäure würde auf das „Anthochlor" Hansen's[4]) passen, das aber in Wasser löslich ist und aus der alkalischen Lösung von Petroläther nicht aufgenommen wird. Der Farbstoff stimmt aber auch mit keinem der übrigen bekannten gelben überein: eine genaue Untersuchung würde sich um so mehr empfehlen, als das Material dazu leicht in relativ grosser Menge zu erhalten ist.

Für die Rassen, deren Endosperm tief orange ist, einen besonderen Farbstoff anzunehmen, scheint mir in Hinsicht auf das Verhalten des gelben Polenta-Mehles verschiedenen Lösungsmitteln gegenüber, unnöthig.

Das unreife, aber ausgewachsene Korn der *vulgata*-Rasse sieht ganz blassgelb und matt aus, die tiefgelbe Farbe und damit der Glanz zeigt sich zuerst um den Griffel herum, gleichzeitig wird der äussere Theil des Endosperms hornig (Fig. 103, Tafel I). Unreif gesammelte Kolben behalten die blassgelbe Farbe der Körner und ihr mattes Aussehen, ohne dass sie auffällig schrumpften. Das hat

[1]) A. Zimmermann, Die botanische Microtechnik. §. 351.

[2]) Hansen, A., Der Chlorophyllfarbstoff. Arb. d. Botan. Inst. in Würzburg, Bd. III, p. 126 (1884).

[3]) Zopf, W., Cohn's Haematochrom ein Sammelbegriff. Biolog. Centralblatt, XV. p. 416 (1895).

[4]) Hansen, A., Die Farbstoffe der Blüthen und Früchte. S. A. aus d. Verh. d. phys.-med. Ges. zu Würzburg. N. F. XVIII. Bd.

wohl auch schon Täuschungen veranlasst. Eine Ursache von solchen bei der Beurtheilung der Färbung können auch die Sprünge im Endosperm abgeben, die bei vielen Rassen mit dem Austrocknen auftreten, stets radial verlaufen, die Kleberschicht nicht durchsetzen und sich nach innen zu erweitern. Durch die Reflexion des Lichtes an den Spaltflächen kann die Hälfte eines Kornes, die dem einfallenden Licht zugekehrt ist, viel heller gefärbt erscheinen, als die abgewandte; dreht man das Korn um 180°, so ist die früher helle Hälfte dunkel, die früher dunkle hell. Schneidet man den Sprung an und lässt ihn sich mit Nelkenöl füllen, so verschwindet die Farbendifferenz bis auf Spuren — die von der Differenz im Brechungsvermögen zwischen der Substanz des Endosperms und des Nelkenols herrühren. Fig. 35, Taf. I, mag als Beispiel für den Einfluss der Sprünge auf die Färbung dienen.

d. Die Gesammtfarbe der Körner.

Die Gesammtfarbe resultirt aus der Färbung der einzelnen Schichten. Berücksichtigen wir nur die Extreme — annähernde Farblosigkeit und intensive Färbung —, so sind 8 verschiedene Combinationen möglich, die mir auch alle vorliegen, die meisten (1, 2, 3, 5,7) bei constanten Rassen, einzelne (4, 6, 8) nur bei Bastarden zwischen jenen, aus denen sich aber constante Rassen ziehen liessen. Sie sind in der folgenden Uebersicht aufgezählt.

Farbe von			Gesammtfarbe der Körner	Rassen
Fruchtschale	Endosperm	Kleberschicht		
weisslich bis gelblich.	weisslich bis gelblich.	weisslich bis gelblich.	1. weisslich bis gelblich.	*alba, dulcis, leucoceras, leucodon.*
		blau bis violett.	2. blau bis violett.	*coeruleodulcis, cyanea, cyanornis.*
	blassgelb bis gelborange u. orange.	blassgelb bis gelborange u. orange.	3. blassgelb b. gelborange u. orange.	*gilva, acuminata, vulgata, nana.*
		blau bis violett.	4. schmutzig grün blau oder violett.	—
roth oder braun.	weisslich bis gelblich.	weisslich bis gelblich.	5. roth oder rothbraun.	*rubra.*
		blau bis violett.	6. schwarz.	—
	blassgelb bis gelborange u. orange.	blassgelb bis gelborange u. orange.	7. roth oder rothbraun.	*Philippi.*
		blau bis violett.	8. schwarz.	—

Ist die Fruchtschale ausgesprochen gelblich, so verräth sich das auch bei einer blauen Kleberschicht deutlich durch einen auffälligen Stich ins Grüne; ist sie rothbraun oder roth,

so lässt sich gewöhnlich nicht sagen, ob das Endosperm weisslich oder gelb ist, ohne dass man das Korn anschneidet. Eine etwas stärker blaue Kleberschicht verräth sich dagegen stets.

Je nachdem die Fruchtschale lufthaltig und in Folge dessen mehr oder weniger opak, oder luftfrei und durchsichtig ist, ändert sich die Gesammtfarbe des Kornes, nicht bloss in der Stärke, auch in der Nuance. Bei gleich intensiver Blaufärbung der Kleberschicht kann es hellblaugrau oder intensiv und rein blauviolett erscheinen. — Ein Korn mit orangegelbem Endosperm unter einer lufthaltigen Fruchtschale sieht ausgesprochen heller und röthlicher gelb aus.

D. Die Beschaffenheit des Reservematerials im Endosperm.

Als Reservematerial findet sich, ausser Eiweisskörpern und den gleich zu besprechenden Kohlenhydraten auch fettes Oel. Die Variationen in der Menge desselben konnten hier leider nicht berücksichtigt werden. Körnicke und Werner (885, II, p. 772—819) theilen 17 Analysen von Maiskörnern verschiedener Sorten mit, die Salisbury[1]) ausgeführt hat, und nach denen der Oelgehalt zwischen 3,80 % einerseits (Chinese Tree Corn) und 6,98 % (Large withe Pop Corn) und 9,92 % (Large Rhode Island sweet) andererseits schwankt. Es giebt also auch hier offenbar charakteristische Rassenunterschiede, deren Verhalten ein genaues Studium verdiente. Da (wieder nach Körnicke und Werner, 885, II, p. 821) $^2/_3$ des Oeles im Embryo stecken, und das Gewichtsverhältniss von Embryo und Endosperm nach den Rassen verschieden sein kann, müssten die Zahlen für beide getrennt ermittelt werden; es wäre auch nicht ausser Acht zu lassen, dass das Trockengewicht der Körner bei den auf den ersten Blick besonders ölreichen Zuckermaisrassen geringer ist als bei den übrigen Rassen, die Zahl also höher erscheinen muss, wenn man, wie das der Brauch, den Fettgehalt für das trockene Korn angiebt.

Nach den Kohlenhydraten können wir die Rassen in zwei Gruppen scheiden, in eine, bei der das Endosperm des völlig reifen Kornes fast nur Stärke führt, und in eine, bei der statt der (ursprünglich vorhandenen) Stärke zum grössten Theil einfachere Verbindungen — Amylodextrin, Dextrin, Dextrose — vorhanden sind.

Neben dieser Differenz im chemischen Verhalten kommt (in der ersten Gruppe) noch eine im Luftgehalt des Endosperms, also im physikalischen Verhalten, vor, die, wie wir sehen werden, von der Ausbildung der Stärkekörner abhängt. Das Verhalten des Reservematerials bietet uns also (mindestens) zwei Merkmalskategorien.

a. Die chemische Beschaffenheit des Endosperms.

(Kategorie VI.)

Bei den meisten Rassen sind die Zellen des Endosperms — von der Kleberschicht abgesehen — mit Stärkekörnern ausgefüllt. Im Gegensatz dazu führen die Endospermzellen der Zuckermais-Rassen, Gruppe *saccharata* Koernicke (mit Ausnahme von *Z. Mays rugosa* Bonaf., den ich

[1]) Salisbury, Maize or Indian Corn. Transact. of the N. Y. st. Vol. VIII. (Citirt nach Körnicke und Werner, 885, II, p. 772). — Analysen, aus denen ein ähnliches Schwanken des Oelgehaltes nach den Rassen hervorgeht, sind von Harz (885, z. B. p. 1240) mitgetheilt worden; neuere Untersuchungen (z. B. Shuttleworth, Ph. T. a. Tr. 1886 und Lloyd [Am. J. of Ph. 1888] waren mir nicht zugänglich.

nicht untersuchen konnte), im vollig reifen Korn einen gummiähnlichen Stoff und daneben oft noch Stärke in kleinen Körnern und in sehr wechselnder Menge. Am meisten Stärke ist stets an der Peripherie des Endosperms, nahe, nicht direkt unter der Kleberschicht, und dort, wo das Endosperm an den Keimling grenzt, vorhanden, ferner im unteren (basiscopen) Theil und um etwa vorhandene luftführende Höhlungen herum.

Die gummiähnliche Substanz, die hier statt der Stärke als Reservematerial vorhanden ist, wird als Dextrin bezeichnet. Eine genauere Untersuchung scheint noch zu fehlen; ich kenne nur eine alte, von Koernicke und Werner (II, p. 861) citirte Analyse der Zuckermaiskörner von Salisbury, die ich hier wiedergebe; zum Vergleich sind die Analysen der Körner von zwei, wohl unter gleichen Verhältnissen gewachsenen Rassen aus der *vulgaris*-Gruppe, ebenfalls von Salisbury ausgeführt, beigegeben.

	Stärke	Zucker und Extrakt	Holzfaser	Protein	Zein und Glutin	Oel	Dextrin und Gummi	Wasser
Large Rhode Island-Sweet Corn	**15,16**	**20,80**	13,04	15,64	3,68	9,92	**12,32**	10,22
Large eight rowed Yellow Flint Corn	**42,03**	**12,52**	9,80	6,58	7,32	4,35	**6,28**	11,18
Small white Flint Corn	**56,35**	**12,30**	6,88	4,48	3,63	4,60	**3,35**	8,56

Wenn das Korn völlig reif ist, aber noch nicht auszutrocknen begonnen hat, sieht es wie ein Korn der Rassengruppe *vulgaris* aus; in dem Masse aber, als es sein Wasser verliert, wird es runzlig, mit scharfen Kanten und flachen Rinnen (Textfig. 4, 5; Fig. 20, 21, 25, 26, Taf. I). Weicht man es genügend lang ein, so schwillt es wieder auf und wird glatt oder fast glatt; trocknet es zum zweiten Mal aus, so treten die alten Runzeln wieder auf. Beim ersten Mal sind sie zufällig entstanden, beim zweiten Mal zeigen sich annähernd wieder dieselben, offenbar, weil beim Einquellen der ursprüngliche Zustand doch nicht mehr ganz erreicht wird. — Schält man ein reifes, aber noch nicht ausgetrocknetes Korn, so wird es später nicht oder nur wenig faltig, ein Beweis dafür, dass die Fruchtschale an dem charakteristischen Aussehen des trockenen Zuckermaiskornes Schuld ist, indem sie sich in tangentialer Richtung nicht stark genug zusammenziehen kann (Fig. 24, Taf. I.).

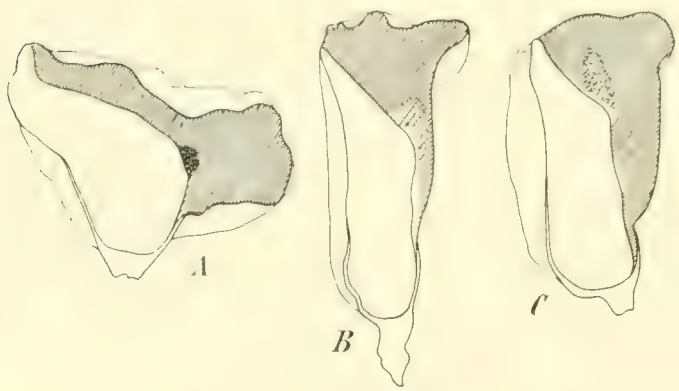


Fig. 4. *R. coeruleodulcis.*
Sagittalschnitte durch drei lufttrockene Körner, zwei von gewöhnlicher Beschaffenheit, aber verschiedener Form, *A* (isolirt stehend) und *B* (geschlossen stehend), eines, *C*, fast ungefaltet. Der glasige Theil des Endosperms ist schraffirt, der mehlige weiss gelassen, stärkereiche, glasige Partien sind punktirt und schraffirt. ($^{45}/_{10}$.)

Hin und wieder findet man wenig faltige, ja sogar fast glatte Zuckermaiskörner. Diese besitzen ein Endosperm von derselben chemischen Beschaffenheit, aber einen Luftraum, der grösser ist als gewöhnlich; sie sind auch etwas stärker mehlig (Textfig. 4, C, 5, B; Fig. 22, Taf. I).

Die microscopische Untersuchung eines fast ausgewachsenen Kornes[1]) lehrt, dass die gummiähnliche Masse relativ spät aus Stärke entsteht, also so gut wie sicher aus Amylodextrin, Dextrin und Dextrose resp. Maltose besteht, eventuell weiteren Zwischenstufen zwischen Stärke und diesen beiden Stoffen. Man kann zwei Typen unterscheiden, nach denen die Umwandlung der Stärke erfolgt.

Beim ersten Typus, den ich vorzüglich an der Peripherie des Endosperms fand, verwandelt sich das Stärkekorn von der Oberfläche aus in eine schwächer brechende, fein punktirte Masse, die sich mit Jodlösung blass violett bis orangebraun färbt, oder fast farblos bleibt, während der immer kleiner werdende Kern die gewöhnliche Stärkereaction giebt. Zuweilen findet man statt eines solchen Kernes mehrere oder eine ganze Menge. Die Punktirung ist so fein, dass es unentschieden bleiben musste, ob sie durch Körnchen oder Waben bedingt wird; für die eine Annahme spricht der unmittelbare Eindruck des Bildes, für die andere die unzweifelhaften Waben des zweiten Typus. Später verschwindet die Punktirung, und die Endospermzelle ist mit einer homogenen, durchsichtigen Masse erfüllt, die durch die zarten Plasmalamellen, die beim Endosperm vom *vulgaris*-Typus die Stärkekörner trennen, gekammert wird. Oft wird nicht der Inhalt der ganzen Zelle gleich weit metamorphosirt.

Beim zweiten Typus, der im Innern des Endosperms häufiger schien, bilden sich im Innern des Stärkekornes Waben, die sich beim Austrocknen mit Luft füllen, während der peripherische Theil homogen bleibt. Der Inhalt der Endospermzelle stellt dann eine undurchsichtige Masse dar, die im auffallenden Licht weiss, im durchfallenden bräunlich ist.

Diese Vorgänge müssen noch genauer untersucht werden; mir genügte es, nachzuweisen, dass die chemische Beschaffenheit des Endosperms beim Zuckermais durch eine Fermentwirkung auf ein gewöhnliches, stärkereiches Endosperm bedingt sein kann.

b. Die physikalische Beschaffenheit des Endosperms.

(Kategorie VII.)

Es handelt sich hiebei um den Luftgehalt des trockenen Endosperms und dessen hiedurch bedingtes Aussehen.

Das Protoplasma bildet in den Endospermzellen bekanntlich ein System von Kammern oder Waben; in jeder Wabe liegt ein einfaches (oder etwas zusammengesetztes) Stärkekorn, oder die Dextrinmasse, die aus einem solchen hervorgeht. Darnach sind zwei Rassengruppen zu bilden, die sich von vorn herein verschieden verhalten: Im ersten Fall kann der Luftgehalt der Zelle verschieden sein, je nachdem das Stärkekorn die Wabe ausfüllt oder nicht ausfüllt, im zweiten bedingt die Beschaffenheit der Dextrinmasse von vornherein, dass beim Austrocknen keine Luft eindringen kann, sowenig, wie in eintrocknenden Gummischleim.

Wenn daher das Endosperm der Zuckermaisrassen im Grossen und Ganzen beim Austrocknen glasig wird, wie ein Stück Gummi, so beruht das auf der chemischen Beschaffenheit des Reservematerials, es braucht keine besondere Anlage dafür, wie wir sie z. B. für die Ausbildung eines ganz

[1]) Die nachfolgenden Angaben beziehen sich auf die *R. coeruleodulcis*, und zwar auf Körner, die sich eben zu färben begannen. Die Schnitte durch das Alkoholmaterial wurden zunächst in concentrirtem Glycerin untersucht.

hornigen Endosperms, statt eines stark mehligen, annehmen müssen. Soweit die Stärke nicht umgewandelt wird, soweit kann das Korn mehlig sein (Textfig. 4, 5). Im Folgenden beschäftigen uns nur Endosperme mit Stärke als Reservematerial.

Im einen Extrem füllt das Stärkekorn seine Kammer vollständig aus, es ist also kantig, und der ganze Zellinhalt eine hyaline Masse. Im andern Extrem ist das Stärkekorn viel zu klein hiefür; es ist rundlich und im trockenen Korn füllt Luft den Raum zwischen ihm und der Kammerwand aus.

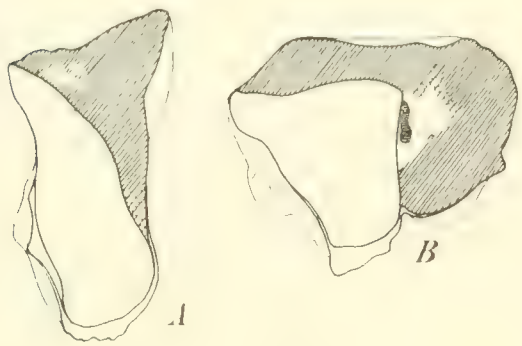


Fig. 5. *R. dulcis.*

Sagittalschnitte durch ein (lufttrockenes) Korn von gewöhnlicher Beschaffenheit (*A*) und ein fast ungefaltetes (*B*). Der glasige Theil des Endosperms ist schraffirt, der mehlige weiss gelassen, stärkereiche und glasige Partien sind punktirt und schraffirt. ($^{45}/_{10}$.)

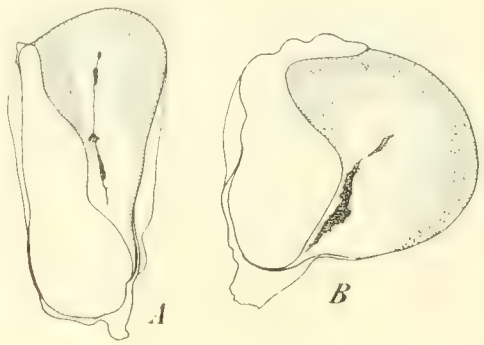


Fig. 6. *R. vulgata.*

Sagittalschnitte durch zwei Körner verschiedener Pflanzen, das eine, *A*, geschlossen stehend, das andere, *B*. isolirt stehend. Der mehlige Theil des Endosperms mit luftführenden Spalten ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.)

die Zelle sieht in Folge dessen opak, weiss, aus. Dazwischen gibt es alle Uebergänge. Die Theile des Endosperms, die aus Zellen der ersten Art bestehen, nennt man bekanntlich hornig (oder auch, weniger charakteristisch, glasig), die Theile, die aus den weissen Zellen bestehen, mehlig[1]).

Wenn hornige Theile vorhanden sind, liegen sie stets an der Peripherie des Endosperms, ihr Uebergang in die mehligen ist unter dem Microscop stets ein ganz allmähliger, auch wenn bei macroscopischer Betrachtung die Grenze recht scharf zu sein scheint[2]).

In dem mehligen Theil findet man endlich oft eine luftführende Höhle von verschiedener Grösse, über deren Entstehung ich keine Beobachtungen gemacht habe, die sich aber gewiss zum Theil erst beim Austrocknen des Kornes, durch Zerreissen des Endosperms, bildet.

Das Volumverhältniss des mehligen Theiles zum hornigen ist beim reifen Korn für jede Rasse annähernd constant, ebenso auch die Lage des einen im andern. Man kann darnach vier Typen unterscheiden.

Beim ersten Typus, dem **vulgaris-Typus** (Textfig. 6, 7), fallen auf dem Längsschnitt durch das Korn beide Theile etwa gleichmässig auf, obschon der mehlige, dem Volum nach, nur etwa den neunten Theil des hornigen ausmachen mag.

Der zweite und der dritte Typus weichen in den zwei entgegengesetzten Richtungen von

[1]) Im mehligen Teil des Endosperms findet man ziemlich viele zusammengesetzte Stärkekörner. Sie sind schon Nägeli (Stärkekörner, p. 409, Tab. XXIII, 6, e. g. l.) aufgefallen.

[2]) Payen (Mémoire sur l'amidon, p. 23, Ann. Sc. nat. 1838. II, cit. n. d. Sep. Abdr.) dürfte zuerst die Beschaffenheit des Endosperms auf die der Stärkekörner zurückgeführt haben.

dem ersten ab. Beim zweiten, dem **indurata-Typus**[1]), tritt der mehlige Theil dem hornigen gegenüber noch mehr zurück (Textfig. 8, 2, 11). Beim dritten, dem **amylacea Typus,** weicht umgekehrt der hornige Theil zurück, und zwar überall gleichmässig. Bei der von mir untersuchten Rasse Brazilian Flower bedeckte er den mehligen Theil als eine ganz dünne Schicht, bei dem Cuzko-Mais fehlte er selbst direct unter der Kleberschicht (Textfig. 9).

Beim vierten Typus endlich, der **dentiformis-Typus** heissen mag, weil alle Pferdezahnrassen hieher gehören, ist der mehlige Theil des Endosperms auch stärker entwickelt, als beim *vulgaris*-Typus, tritt aber nur an einer Stelle, auf der Kuppe des Kornes, nahe an die Kleberschicht heran, während auf den Seiten der hornige Theil so stark entwickelt ist, wie bei dem *vulgaris*-Typus (Textfig. 10, A, B).

Der mehlige Theil des Endosperms schrumpft beim Austrocknen stärker als der hornige. Bei den drei ersten Typen bleibt die Form des Kornes dabei unverändert, nur werden, vor allem beim *vul-*

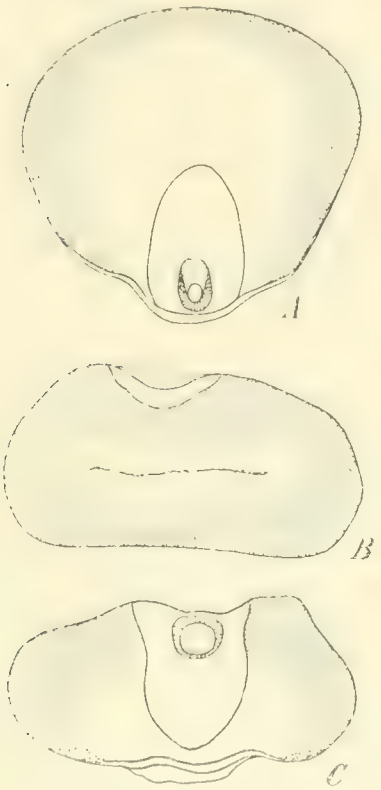


Fig. 7. *R. vulgata.*

A Frontalschnitt, *B, C* Querschnitte durch reife Körner, *B* nahe der Kuppe, im breitesten Theil des Kornes, *C* weiter unter. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{15}/_{1}$.)

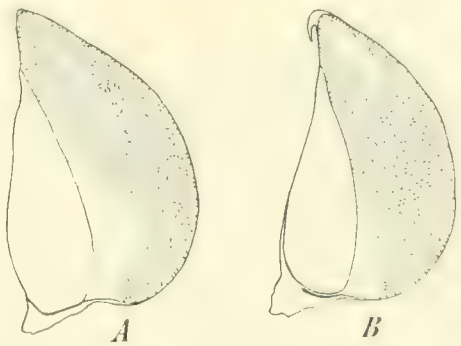


Fig. 8. *R. leucoceras.*

Sagittalschnitte durch zwei Körner von verschiedenen Pflanzen. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{15}/_{1}$.)

garis-Typus. Risse im mehligen Theil auftreten, und schon vorhandene Höhlungen vergrössert werden. Beim vierten *(dentiformis-)* Typus dagegen sinkt die Spitze der Körner ein, indem die Fruchtschale und die dünne hornige Schicht nachgeben und Falten werfen können, während auf den Seiten des Kornes der starke Ring aus hornigem Gewebe weitere Deformationen verhindert. Die charakteristische Form der Pferdezahnkörner mit ihren „Kunden" (Textfig. 10, B; Fig. 3, 4, Taf. I) kommt also genau auf dieselbe Weise zu Stande, wie die der Zuckermaiskörner, durch den Wasserverlust; nur beruht dieser auf anderen Ursachen. Bei längerem Kochen wird die Kuppe des Kornes wieder

[1]) *„Indurata"* hat Sturtevant alle stark hornigen Rassen genannt (886), diese „Agriculturspecies" umfasst also auch unseren *vulgaris-Typus.* Statt einen neuen Namen zu creïren, wollte ich lieber den alten in verändertem Sinn brauchen.

nahezu glatt, die Quellung der Stärkekörner liefert offenbar die Kraft für die Ausstülpung; die in passender Weise abgezogene Fruchtschale zeigt dann die gerundete oder spitzliche Form des annähernd reifen, aber noch stark wasserhaltigen Kornes.

Zwischen all diesen Typen existiren keine scharfen Grenzen. So steht die von mir verwendete *R. nana* zwischen dem reinen *vulgaris-* und *indurata-Typus* (Textfig. 11), die von mir gebrauchte Pferdezahnrasse zeigte den *dentiformis-Typus* bald reiner (Textfig. 10, B), bald weniger rein (A).

Fig. 9. *R. macrosperma Kl.* („Cuzko“).
Sagittalschnitt durch ein Korn. Das Endosperm, mit grosser Höhle, ist ganz mehlig. ($^{45}/_{10}$).

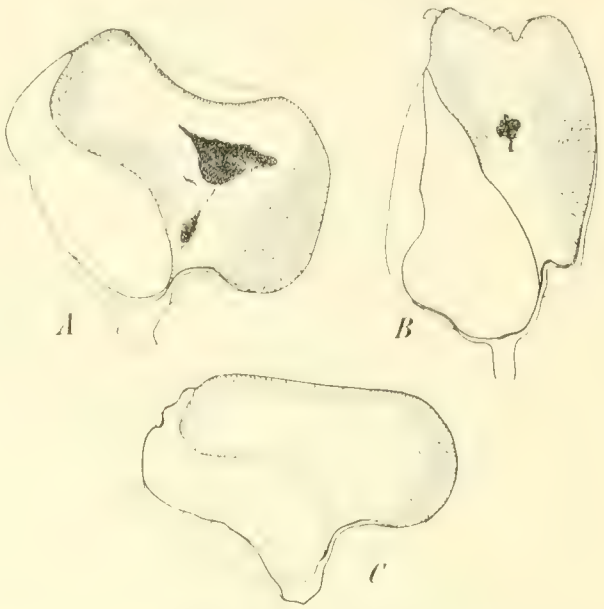


Fig. 10. *R. leucodon.*
Sagittalschnitte durch drei Körner; zwei, *A*, *B*, von derselben Pflanze, aber *A* locker stehend, *B* gedrängt stehend, typisch, das dritte, *C*, von einer zweiten Pflanze, unrein, wohl Bastard der Abstammung *alba* + *leucodon*. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt, *A* mit grosser, *B* mit kleiner Höhlung in jenem. ($^{45}/_{10}$).

Fig. 11. *R. nana.*
Sagittalschnitte durch drei Körner von verschiedenen Pflanzen. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$).

Es gehören an:

Dem *vulgaris*-Typus die Rassen *acuminata*, *alba*, *cyanea*, *gilva*, *Philippi*, *rubra*, *vulgata*, dem *indurata*-Typus die Rassen *cyanornis*, *leucoceras*, nicht ganz typisch: *R. nana*, dem *amylacea*-Typus keine der verwendeten Rassen, dem *dentiformis*-Typus die Rasse *leucodon*.

Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass die Zuckermais-Rassen, die auf den ersten Blick sich an den *indurata*-Typus anschliessen — *saccharata*-Typus (*R. coeruleodulcis* und *dulcis*) —, im Grund zum *vulgaris*-Typus gehören.

Einige Zeit vor der Reife gesammelt und getrocknet, sind die Körner aller Rassen ganz mehlig

(Textfig. 18, C); das Hornigwerden beginnt, annähernd gleichzeitig mit der definitiven Färbung, an der Spitze des Kornes und schreitet nach unten und innen fort, gewöhnlich ganz gleichmässig, selten hie und da mit Buchten oder gar Inseln vorgreifend. Ich habe den Vorgang nicht genauer verfolgt, es kann aber keinem Zweifel unterliegen, dass er in einer Volumzunahme der Stärkekörner besteht, und dass der Widerstand der Fruchtschale eine wichtige Rolle dabei spielt. Wird die Schale nicht zu spät und in nicht zu geringer Ausdehnung gesprengt, so bleibt das Endosperm unter der Lücke entweder ganz mehlig, oder der hornige Teil wird schwächer ausgebildet, sowohl in seiner Dicke als im Zusammenschluss der Stärkekörner (Textfig. 12, *R. alba* und 3, *R. cyanornis*).

Fraglich bleibt, wie die physikalische Beschaffenheit des Endosperms vererbt wird. Geht man die Rassen durch, so findet man, dass der hornige Theil des Endosperms um so mehr zurücktritt, je grösser, absolut genommen, das Korn ist. Die Reihe geht von Rassen, wie *cyanornis, nana* und *leucoceras* mit fast ganz hornigem Endosperm, durch solche, wie *alba* und *vulgata*, zu solchen, wie *macrosperma* „Cuzko“ mit ganz mehligem. Dies legt die Annahme nahe, dass das Volum des hornigen Theiles ganz von dem Raum abhängt, der dem sich entwickelnden Endosperm geboten ist, und damit würde auch die Beobachtung stimmen, dass nach Sprengung der Fruchtschale — wenn diese also kein mechanisches Hinderniss mehr ist — der hornige Theil quantitativ und qualitativ schwächer ausgebildet wird. Man würde so aber doch nicht darum herum kommen, wenigstens verschiedene Anlagen für die Grösse des Endosperms annehmen zu müssen.

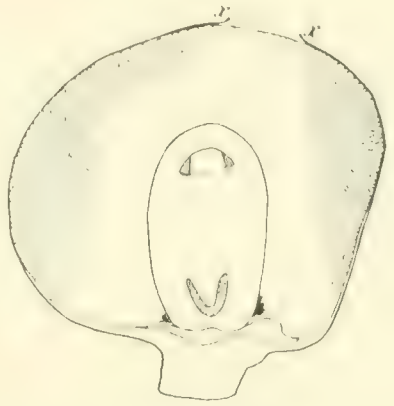


Fig. 12. *R. alba.*
Frontalschnitt durch ein Korn, dessen Fruchtschale geplatzt war (bei x, x). Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{15}/_{1}$.)

Auch für das charakteristische Merkmal der Pferdezahn-Sorten, die Verschiebung des mehligen Theiles des Endosperms nach oben, braucht man vielleicht keine besondere Anlage anzunehmen; wir werden sehen, dass derartige Körner auch als „Xenien“ bei der Bestäubung von Zuckermaisrassen mit Pollen von Rassen des *vulgaris*-Typus (Vers. 59, Textfig. 22; Fig. 11, Taf. II.) auftreten können, und Bilder wie Textfig. 18, *c* legen es nahe, dass es sich dabei um die Fixirung eines Entwicklungszustandes handelt; die eben mitgetheilte Entstehungsgeschichte wäre kein Hinderniss für diese Annahme.

E. Der Bau der Kleberschicht.

(Kategorie VIII.)

Flächenschnitte der geschälten Körner verschiedener Rassen lassen keine deutlichen, dem Volum der Körner parallel gehenden Grössenunterschiede der Kleberzellen erkennen; der mittlere Durchmesser ist bei manchen Körnern der *R. alba* eher kleiner als bei manchen, nur etwa $^1/_4$ so schweren Körnern der *R. nana*[1]). Im Mittel beträgt er bei allen Rassen auf der Kuppe des Korns etwa 20—25 μ, was freilich nicht ausschliesst, dass hie und da viele Zellen mit dem doppelten Durchmesser vorkommen. Dagegen können Schnitte normal zu der Oberfläche des Endosperms je

[1]) Einige Messungen von Endospermzellen an Längsschnitten durch die Körner von Pferdezahnmais und Hühnermais, die dasselbe lehren, gibt Amelung (Flora 1893, S. 197).

nach den Rassen merklich verschiedene Bilder zeigen, die Kleberzellen sind in radialer Richtung verschieden stark gestreckt, verschieden hoch. Das Volum der Kleberzellen ist also proportional ihrer Höhe und braucht deshalb nicht besonders besprochen zu werden. Quertheilung kommt bei gestreckter Form gar nicht selten vor.

Nun ist zunächst freilich nicht ausser Acht zu lassen, dass nur gleichgelegene Partien der Kleberschicht verglichen werden dürfen, denn von der Kuppe des Kornes nach unten zu werden die Kleberzellen immer etwas höher, und über dem Embryo sind sie stets sehr flach[1]). Ich habe deshalb meine Messungen möglichst genau an derselben Stelle, auf der Kuppe der Körner, angestellt. Dann sind bei derselben Rasse die Zellen verschiedener Kolben, ja die verschiedener Körner desselben Kolbens oft sehr merklich verschieden, und endlich variirt oft die Länge bei den nebeneinanderliegenden Zellen desselben Schnittes sehr merklich. Im Grossen und Ganzen sind bei demselben Korn die niedrigeren Zellen dafür breiter, doch nicht in dem Masse, dass keine beträchtlichen Schwankungen im Volum der Zellen vorkämen. Es kann sich also stets nur um Mittelwerthe handeln und solche sind die einzelnen, in untenstehender Tabelle mitgetheilten Zahlen selbst schon zum Theil.

Tabelle 3.

Rasse		Höhe der Kleberzellen in μ.		Breite in μ.
acuminata	**46.**	44, 48.	**23.**	20, 24.
alba	**48.**	36—44, 40—48, 44, 44, 48, 40—60, 54, 56.	**23.**	22,5, 18-33, 32,5; — 45.
coeruleodulcis	**68.**	50, 78, 56, 48, 64, 68, 60—80, 72, 77, 80, 84, 88, 68—80; — 34.	**23.**	18—28, 20, 28.
cyanea	**60.**	52, 60, 48—60—64, 60—64—68, Max. 76 und 92 (doppelt).		25.
cyanornis	**40.**	36—44, 40, 44.	**23.**	20—24, 22(—44), 28 (—32).
dulcis	**66.**	60—72.		21.
leucoceras	**50.**	48, 48 (—68, doppelt!), 48—52.	**21.**	20—22, (unten 32—44!).
nana	**37.**	32—36, 32—44, 36—44.	**23.**	18—26, 24—36, 30, 34.
Philippi	**50.**	44—48, 44—56, 44—56, meist 50.	**23.**	16—20—32, 25—28—40.
rubra	**47.**	36, 40, 48, 52—60.	**23.**	16, 18, 24, 34.
vulgata	**47.**	36, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 68; —30.	**23.**	21—25, 22, 23. 24.

[1]) Einen Sagittalschnitt durch ein Maiskorn, der das gut zeigt, hat Harz (885, Fig. 161) abgebildet.

Es ist ganz deutlich, dass die Rassen in drei Gruppen gebracht werden können. In die erste gehören die kleinkörnigen, *nana* und *cyanornis*; sie haben die niedrigsten Kleberzellen (37 bis 40 μ). In die zweite kommt die Mehrzahl der mittel- und grosskörnigen Rassen, *acuminata*, *vulgata*, *rubra*, *alba*, *Philippi* und *leucoceras*; sie haben Kleberzellen von mittlerer Höhe (46—50 μ). Die dritte umfasst endlich die Zuckermaissorten (*dulcis*, *coeruleodulcis*), hier sind die Kleberzellen am höchsten (66—68 μ). Die drittte Gruppe ist von der zweiten viel schärfer getrennt, als die zweite von der ersten, doch vermittelt die *R. cyanea* mit einer mittleren Höhe von etwa 60 μ zwischen ihnen.

Hat das Endosperm die Fruchtschale gesprengt, sich aber nur wenig weiterentwickelt, so zeigt die Kleberschicht an diesen Stellen kein abweichendes Verhalten; ist es dagegen noch stark weitergewachsen, so sind einige Veränderungen nachweisbar. Am auffallendsten waren sie bei der *R. gilva*. Die Höhe war nahezu unverändert, die Breite aber viel beträchtlicher, etwa um die Hälfte (und mehr); auch die Membranen waren entsprechend dicker (statt 5,5 μ etwa 8,3 bis 9,7 μ).

F. Das Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm.

(Kategorie IX.)

Nach F. Haberland (citirt von Harz, 885, p. 1235) besteht das Maiskorn „aus ca. 88,07 % Endosperm etc. und 11,93 % Embryo“ dem Gewichte nach.

Bei der Vergleichung der Sagittalschnitte durch Körner verschiedener Rassen schien mir der Embryo nicht immer im selben Grössenverhältniss zum Endosperm zu stehen. Es veranlasste mich das, für eine Anzahl Rassen das Gewichtsverhältniss zu bestimmen, und zwar in folgender Weise. Die Körner — meist 10—20 — wurden eingeweicht, beim Beginn der Keimung geschält, dann der Embryo vom Endosperm getrennt, und die drei Bestandtheile bei ca. 100° getrocknet und gewogen. Ich habe so mit etwa 70 Proben verfahren und dabei zum Theil sehr übereinstimmende und charakteristische Zahlen erhalten, freilich auch Widersprüche, so dass ich mich schliesslich entschlossen habe, hier zunächst nur einige Fälle zu behandeln, wo die Ergebnisse ganz eindeutig ausgefallen sind.

Bei den Rassen vom *vulgaris*-Typus machte der Embryo zwischen 10 und 13,5 Gewichtsprocente (von Embryo und Endosperm zusammen, ohne Schale), das Endosperm folglich 90 bis 86,5 Gewichtsprocente aus; drei Proben von der *R. alba* gaben z. B. 13,2, 13,1, 13,4 %, sie stammten von drei verschiedenen Pflanzen zweier Jahrgänge. Dem gegenüber hatten die Rassen vom *saccharata*-Typus ungewöhnlich schwere Embryonen; bei der *R. coeruleodulcis* machte der Embryo 15,2, 16,0, 16,6 Gewichtsprocente aus, das Endosperm also 84,8, 84, 83,4, bei der *R. dulcis* der Embryo 17,9 und 21,1 %, das Endosperm 82,1 und 78,9 %.

Damit scheint auf den ersten Blick ein charakteristisches, unabhängiges Rassenmerkmal festgestellt zu sein. Ueberlegt man sich aber den Sachverhalt genauer, so findet man, dass der Embryo bei den Zuckermaisrassen nur deshalb relativ so viel schwerer erscheint, weil das Trockengewicht des Endosperms viel geringer ist, als bei den Rassen vom *vulgaris*-Typus, und dieses geringere Gewicht des trockenen Endosperms hängt wieder mit der chemischen Beschaffenheit des Reservematerials zusammen. Bei beiden Rassengruppen kann also die Grösse des Embryos — die man

direkt proportional seinem Gewicht setzen darf — durch dieselbe Anlage vererbt werden; die Embryonen sind, absolut genommen, annähernd gleich schwer; dadurch, dass verschiedene Anlagen für die Beschaffenheit des Reservematerials sich entfalten, kommt dann das verschiedene relative Gewicht heraus. Hiezu stimmt das Verhalten der Xenien (p. 88 u. f.) und der Bastarde (p. 141 u. f) sehr gut.

Dagegen giebt es unter den Rassen vom *vulgaris*-Typus sicher welche, die ein wirklich abweichendes Gewichtsverhältniss von Embryo und Endosperm zeigen, für dessen Vererbung gesorgt sein muss (Kategorie IX). Meine Wägungen reichen nicht aus, hierüber ganz Genaues anzugeben. Die Schuld liegt zum Theil an der Methode. Um das Endosperm sauber vom Embryo trennen zu können, liess ich die Körner ankeimen. Nun war es gar nicht möglich, die Zerlegung stets genau auf demselben Stadium vorzunehmen, bei der Keimung tritt aber schnell eine Verschiebung zu Gunsten des Embryo ein, und zwar eine so starke, wie ich von vorn herein nicht erwartet hatte. Bei Körnern der *R. vulgata* wog der Embryo, wenn die Keimwurzel ca. 1 cm lang war, relativ um die Hälfte mehr als bei Körnern desselben Kolbens, wo die Wurzel noch nicht hervorgetreten war. Bei manchen Rassen mag das Verhältniss übrigens noch nicht fixirt sein, auch wird der Reifegrad eine Rolle spielen etc. Ich habe deshalb im Folgenden nur die Wägungen für zwei Rassen (*alba* und *nana*) und deren Bastarde mitgetheilt (p. 64 u. f., 117).

Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass das Endosperm auch hier in der Entwicklung dem Embryo weit voraneilt und von diesem theilweise verbraucht wird. Man könnte darnach meinen, es hänge allein vom Embryo ab, wieviel Endosperm übrig bliebe. In der That ist das nicht der Fall; wie die Xenien lehren, ist ihr Verhältniss correlativ (p. 28 u. f., 67). Der Raum ist durch die Fruchtschale im Wesentlichen gegeben und in ihn theilen sich beide.

V. Abschnitt.

Uebersicht der zu den Versuchen verwendeten Maisrassen.

R. acuminata p. 47, *R. alba* p. 47, *R. coeruleodulcis* p. 48, *R. cyanea* p. 48, *R. cyanornis* p. 48, *R. dulcis* p. 48, *R. gilva* p. 49, *R. leucoceras* p. 49, *R. leucodon* p. 49, *R. nana* p. 49, *R. Philippi* p. 50, *R. rubra* p. 50, *R. vulgata* p. 50.

Im vorhergehenden Abschnitt haben wir die meisten Merkmalskategorien und die einzelnen Merkmale, die in diesen Kategorien bei den mir vorliegenden Rassen an den Körnern vorkommen, durchgesprochen. Theoretisch sind so viele Rassen möglich, als Combinationen von je einem Merkmal einer Kategorie mit je einem aus den andern Kategorien möglich sind. Nehmen wir nur unsere vorhin betrachteten neun Merkmalkategorien und von jeder Kategorie nur die beiden extremen Merkmale, so erhalten wir $2^9 = 512$ Rassen, nehmen wir noch ein drittes intermediäres Merkmal dazu, $3^9 = 19683$. Ihre Zahl wird ungeheuer, wenn wir all die übrigen Kategorien, welche Spelzen, Kolben und ganze Pflanzen bieten, dazu nehmen und unendlich gross, da, wo die Merkmale einer Kategorie nicht scharf getrennt, sondern durch alle möglichen Zwischenstufen verbunden sind, und

das ist gerade gewöhnlich der Fall (vergl. p. 3). Diese Rassen sind natürlich lange nicht alle bekannt: es ist aber keine davon unmöglich.

Will man eine Uebersicht über sie gewinnen, so muss man Rassengruppen bilden nach den Kategorien, in denen neben den extremen Merkmalen keine oder wenig Zwischenstufen vorkommen, die also die schärfste Trennung erlauben. Es sind das die chemische und die physikalische Beschaffenheit des Reservemateriales im Endosperm. Wir bekommen dann 5 Gruppen:

a
1. *Amylaceae* (Sturt. 886).
2. *Vulgares* (Kcke. 885 erweitert).
3. *Dentiformes* (Kcke.), Synonym „*indentatae*“ (!) (Sturt. 886).
4. *Induratae* (Sturt. p. 885).

b 5. *Saccharatae* (Kcke. 885).

Die nächsten Untergruppen werden wohl am besten nach der Form der Körner, die folgenden nach deren Grösse gemacht werden, den Schluss werden die nach den Farben — von Fruchtschale, Kleberschicht und Endosperm — unterscheidbaren machen.

Am besten wäre es, man hätte auch eine entsprechende Nomenklatur; Anfänge dazu haben Alefeld und Koernicke gemacht, die z. B. den Zuckermaisrassen meist die Endung . . . . *dulcis* (*flavodulcis, rubrodulcis, coeruleodulcis*), den Pferdezahnrassen die Endung . . . . *don* gegeben haben. — Bastarde mit schizogonen Merkmalspaaren (z. B. *variodulcis* Kcke., *poicilodon* Kcke., *diasacchara* Kcke., *rubronigra* Kcke. etc.) sollten nicht als Rassen getauft werden.

Im Nachstehenden werden die verwendeten Rassen mit den Bezugsquellen aufgeführt und kurz, aber übersichtlich beschrieben werden. Es sind nur jene Kategorien berücksichtigt worden, die genauer studirt wurden; zum Schluss ist die Constanz angegeben, dabei sind aber nur die vorherbesprochenen Merkmale berücksichtigt.

I. Rasse acuminata Kcke. (885, I, p. 361). Maïs à bec jaune von Vilmorin.

Form: Konisch mit spitzem, etwas gekrümmtem Schnabel. — **Grösse:** Mittel. Gewicht: Um 166 mgr schwankend (Maximum 199,3 mgr, Minimum 126,7 mgr). — **Färbung:** Gelborange. Fruchtschale gelblichweiss, Endosperm und Kleberschicht reiner gelborange. — **Reservematerial:** Stärke. — **Physikalisches Verhalten des Endosperms:** Normal, keine Lufthöhle (*vulgaris*-Typus). — **Kleberzellen:** Mässig gestreckt, etwa 44—48 μ hoch und 23 μ breit. — **Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm:** 10,4 : 89,6; 10,4 : 89,6; 12,7 : 87,3; 15,9 : 84,1. **Constanz:** Die Form war zunächst nicht ganz constant.

Fig. 14, 15, Taf. I.; Textfig. 1.

II. Rasse alba Alef. Kcke. (885, p. 363). Zea Mays var. *alba* von Hohenheim; Maïs blanc des Landes von Vilmorin.

Form: Rund, beim Eintrocknen unverändert. — **Grösse:** Gross. Gewicht: Meist zwischen 300 und 400 mgr schwankend, Maximum 436 mgr, Minimum 226 mgr. — **Färbung:** Gelblichweiss. Fruchtschale gelblichweiss, Endosperm und Kleberschicht reiner weiss. — **Reservematerial:** Stärke. — **Physikalisches Verhalten des Endosperms:** Normal; meist mit Lufthöhle (*vulgaris*-Typus). — **Kleberzellen:** Mässig gestreckt, durchschnittlich etwa 44 μ hoch und 23 μ breit. — **Gewichtsverhältniss von Embryo und Endosperm:** 10,7 : 89,3; 13,1 : 86,9; 13,2 : 86,8; 13,4 : 86,6. — **Constanz:** Vollkommen.

Fig. 1, 2, Taf. I.; Fig. 1, Taf. II.

III. Rasse coeruleodulcis Kcke. (885, p. 361). Schwarzer Zuckermais von Haage und Schmidt.

Form: Rund, beim Austrocknen faltig-runzelig werdend. — **Grösse:** Mittelgross. Gewicht: Etwa 200 mgr, Maximum 237 mgr, Minimum 175 mgr. — **Färbung:** Hell violettgrau bis fast schwarz violett, je nach dem Luftgehalt der Fruchtschale. Fruchtschale gelblich; Endosperm hyalin, Kleberschicht violett. — **Reservematerial:** Amylodextrin, Dextrin, Glycose und wenig unveränderte Stärke. **Physikalisches Verhalten des Endosperms:** Fast das ganze Endosperm glasig (*saccharata*-Typus). — **Kleberzellen:** Stark gestreckt, etwa 68 μ hoch und 23 μ breit. — **Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm:** 16,6 : 83,4; 16,0 : 84,0; 15,2 : 84,8. — **Constanz:** Vollkommen.

Fig. 24—26, Taf. I.; Fig. 12, Taf. II.; Textfig. 4.

IV. Rasse cyanea Kcke. (885, p. 363). Zea Mays var. caesia von Hohenheim.

Form: Rund, beim Austrocknen unverändert bleibend. — **Grösse:** Gross. Gewicht: 374 mgr bis 357 mgr. — **Färbung:** Hell violettgrau bis dunkel violettgrau, je nach dem grösseren oder geringeren Luftgehalt der Fruchtschale. Fruchtschale gelblich-bräunlich, Endosperm farblos, Kleberschicht violett. — **Reservematerial:** Stärke. **Physikalisches Verhalten des Endosperms:** Normal (oder das Verhältniss etwas zu Gunsten des mehligen Theiles verschoben, *vulgaris*-Typus). — **Kleberzellen:** Ziemlich gestreckt, etwa 60 μ hoch und 23 μ breit. — **Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm:** 10,4 : 89,5. — **Constanz:** War zunächst nicht constant, sondern enthielt *alba*-Blut; aber auch abgesehen hievon zeigten einzelne Individuen stets einige hellere Körner.

Fig. 23, Taf. I.; Fig. 9, Taf. II.

V. Rasse cyanornis m. oryzaeformis nigra von Haage und Schmidt.

Form: Spitzlich, beim Trocknen unverändert bleibend. — **Grösse:** Klein. Gewicht: 56 mgr bis 55 mgr, Maximum 55,3, Minimum 36,7 mgr. — **Färbung:** Hell graublau bis violett. Fruchtschale gelblich-bräunlich, Endosperm farblos, Kleberschicht hellgraublau bis violett. — **Reservematerial:** Stärke. — **Physikalisches Verhalten des Endosperms:** Endosperm überwiegend hornig (*indurata*-Typus). — **Kleberzellen:** Wenig gestreckt, etwa 40 μ hoch und 23 μ breit. — **Gewichtsverhältniss von Embryo und Endosperm:** —. **Constanz:** Variirte stark in der Intensität der Färbung, eine der Pflanzen aus dem Originalsaatgut war ein Bastard (mit der *R. alba*).

Fig. 27, 28, Taf. I.; Textfig. 2.

VI. Rasse dulcis Kcke. (885, p. 361). Runzliger weisser Zuckermais von Haage und Schmidt.

Form: Rund, beim Eintrocknen faltig (runzelig) werdend. — **Grösse:** Gross. Gewicht: Etwa zwischen 200 und 250 mgr (Maximum 288 mgr, Minimum 181,5 mgr). — **Färbung** (trocken): Gelbbräunlich oder rothbräunlich. Fruchtschale blass gelbbräunlich oder blass rothbraun; Endosperm und Kleberschicht blassbräunlich. — **Reservematerial:** Amylodextrin, Dextrin, Glycose und wenig unveränderte Stärke. — **Physikalisches Verhalten des Endosperms:** Fast das ganze Endosperm glasig (*saccharata*-Typus). — **Kleberzellen:** Stark gestreckt, etwa 66 μ hoch und 23 μ breit. — **Gewichtsverhältniss von Embryo und Endosperm:** 21,1 : 78,9; 17,9 : 82,1. **Constanz:** Vollkommen.

Fig. 20—22, Taf. I.; Textfig. 5.

VII. Rasse gilva Kcke. (885, p. 363). Ambra-Mais von Haage und Schmidt.

Form: Rund, beim Austrocknen unverändert bleibend. — **Grösse**: Gross. Gewicht: 300 bis 400 mgr. — **Färbung**: Hellgelb in verschiedener Intensität. Fruchtschale bräunlich-gelblich. Endosperm und Kleberschicht reiner hellgelb, in verschiedener Intensität. — **Reservematerial**: Stärke. — **Physikalisches Verhalten des Endosperms**: Normal (*vulgaris*-Typus). **Kleberzellen**: —. — **Gewichtsverhältniss von Embryo und Endosperm**: —. — **Constanz**: Vollkommen, was die Kolben verschiedener Individuen anbetrifft. Die Körner desselben Kolbens sind stets etwas verschieden (heller und dunkler „hellgelb").

Fig. 9, 10, Taf. I.

VIII. Rasse leucoceras Alef. (Harz, 885, p. 1241), Popcorn von Haage und Schmidt.

Form: Konisch, mit spitzem, etwas gekrümmtem Schnabel. — **Grösse**: Mittel. Gewicht: 131 mgr. — 168,4 mgr; 134 mgr; 117 mgr; 76 mgr; Maximum 174 mgr, Minimum 59 mgr. — **Färbung**: Bräunlich-gelblich. Fruchtschale bräunlich-gelblich; Endosperm und Kleberschicht etwas heller bräunlich-gelblich-weiss. — **Reservematerial**: Stärke. — **Physikalisches Verhalten des Endosperms**: Endosperm überwiegend hornig (*indurata*-Typus). — **Kleberzellen**: Mässig gestreckt, etwa 50 μ hoch und 21 μ breit. — **Gewichtsverhältniss von Embryo und Endosperm**: —. — **Constanz**: Vollkommen.

Fig. 5—8, Taf. I.; Textfig. 8.

IX. Rasse leucodon Alef. (Kcke. 885, p. 362), Adams extra früher Mais von Haage und Schmidt.

Form: Rundlich mit schwacher Spitze; beim Austrocknen sinkt die Spitze ein und bildet eine Grube oder „Kunden". — **Grösse**: Gross. Gewicht: etwa 450 mgr; Maximum 454 mgr; Minimum 446 mgr. (nur 2 Wägungen). — **Färbung**: Gelblichweiss. Fruchtschale gelblichweiss. Endosperm und Kleberschicht reiner weiss. — **Reservematerial**: Stärke. — **Physikalisches Verhalten des Endosperms**: Der mehlige Theil, meist mit Lufthöhle, bis nahe an die Spitze gehend (*dentiformis*-Typus). — **Kleberzellen**: —. — **Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm**: —. — **Constanz**: Unvollkommen, zum Theil Bastarde (mit der *R. alba*).

Fig. 3, 4, Taf. I.; Textfig. 10.

X. Rasse nana m. [?? gracillima Kcke. 885, p. 362[1])], Nanerotollo von Haage und Schmidt.

Form: Rund; beim Austrocknen unverändert bleibend. — **Grösse**: Klein. Gewicht meist zwischen 60 und 100 mgr. Maximum (178) 116 mgr; Minimum 59 mgr. — **Färbung**: Tief orange. Fruchtschale gelblich-bräunlich, Endosperm und Kleberschicht tief (und reiner) orange. — **Reservematerial**: Stärke. — **Physikalisches Verhalten des Endosperms**: Verhältniss zu Gunsten des hornigen Theiles verschoben (annähernd *indurata*-Typus). — **Kleberzellen**: Wenig gestreckt, etwa 37 μ hoch und 23 μ breit. — **Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm**: 10.5 : 89.5; 10.8 : 89.2; 12.0 : 88.0. — **Constanz**: Annähernd constant, etwas *calgata*-„Blut" enthaltend (die Pflanze mit einem mittleren Gewicht der Körner von 178 mgr).

Fig. 13, Taf. I.; Fig. 4, Taf. II.; Textfig. 11.

[1]) Sie ist sehr frühreif und hat kürzere Kolben. Die *R. minima* Bonaf., die Koernicke in die Gruppe *vulgaris* stellt (885, I., p. 373), wird im II. Theil nicht beschrieben. Der von Thiele (899, p. 127) beschriebene „Nanerotollo"-Mais hat noch merklich grössere Kolben und Körner und ist hochwüchsiger.

XI. Rasse Philippi Kcke. (885, p. 363.) König Philipps brauner verbesserter Mais von Haage und Schmidt.

Form: Rund, beim Austrocknen unverändert bleibend. — **Grösse**: Gross. Gewicht: 347 mgr. — **Färbung**: Rothbraun, an der Spitze mehr oder weniger orange. Fruchtschale rothbraun, nach oben zu fast hyalin. Endosperm und Kleberschicht rein gelborange. — **Reservematerial**: Stärke. — **Physikalisches Verhalten des Endosperms**: Normal (*vulgaris*-Typus). **Kleberzellen**: Mässig gestreckt, etwa 50 μ hoch und 23 μ breit. — **Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm**: 12 : 88. — **Constanz**: Vollkommen.

Fig. 17—19, Taf. I.

XII. Rasse rubra Bonafous (Kcke., 885, p. 363). Zea Mays var. rubra von Hohenheim.

Form: Rund, beim Austrocknen unverändert bleibend. — **Grösse**: Gross. Gewicht: Meist um 300 mgr. Maximum 396 mgr; Minimum 182 mgr. — **Färbung**: Tiefkirschroth bis schwarzroth, Fruchtschale tiefkirschroth bis schwarzroth, Endosperm und Kleberschicht (farblos) weisslich. — **Reservematerial**: Stärke. — **Physikalisches Verhalten des Endosperms**: Normal (*vulgaris*-Typus). — **Kleberzellen**: Mässig gestreckt, etwa 47 μ hoch und 23 μ breit. — **Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm**: 13,7 : 86,3; 13,1 : 86,9; 12,8 : 87,5. — 10,9 : 89,1. — **Constanz**: Vollkommen.

Fig. 16, Taf. I.

XIII. Rasse vulgata Kcke. (885, p. 363). Zea Mays var. vulgata von Hohenheim.

Form: Rund, beim Eintrocknen unverändert. — **Grösse**: Gross. Gewicht: Meist zwischen 300 und 400 mgr. Maximum 448 mgr, Minimum 190 mgr. — **Färbung**: Gelborange. Fruchtschale gelblich-bräunlich, nach unten dunkler. Endosperm und Kleberschicht reiner gelborange. — **Reservematerial**: Stärke. — **Physikalisches Verhalten des Endosperms**: Normal; meist mit Lufthöhle (*vulgaris*-Typus). — **Kleberzellen**: Mässig gestreckt, etwa 47 μ hoch und 23 μ breit. — **Gewichtsverhältniss von Embryo und Endosperm**: 12.2 : 87.8; 11.4 : 88.6; 10.9 : 89.1; 9.8 : 90.2. — **Constanz**: Vollkommen.

Fig. 11, 12, Taf. I.; Textfig. 6, 7.

VI. Abschnitt.

Die Xenien bei reinen Rassen.

Die Ergebnisse im Jahr der Bastardbestäubung. — Endospermbastarde.

I. Versuche, bei denen nur einerlei Pollen zur Bestäubung verwendet wurde. — II. Versuche, bei denen zweierlei Pollen verwendet wurde.

I. Versuche, bei denen nur einerlei Pollen zur Bestäubung verwendet wurde (1-71).

Die Zahl der verwendeten Rassen ist 13, es waren also (13×13 =) 169 verschiedene Verbindungen möglich, 13 je in derselben Rasse und 156 Bastardirungen. Davon habe ich 71 mit mehr oder weniger Erfolg ausgeführt, 21 wurden versucht, gelangen aber nicht.. Die Gründe für das

Misslingen und den mehr oder weniger günstigen Erfolg habe ich schon besprochen (p. 23). Die nachstehende Eintheilung der beschriebenen Versuche schien mir die praktischste. Um einen bestimmten Versuch rasch aufzufinden, benütze man die Tabelle 4, die mir während meiner Arbeit dazu diente, und die sich wohl von selbst erklärt; die misslungenen Versuche sind mit † bezeichnet.

Tabelle 4.

	♂ *acuminata*	♂ *alba*	♂ *coeruleodulcis*	♂ *cyanea*	♂ *cyanornis*	♂ *dulcis*	♂ *gilva*	♂ *leucoceras*	♂ *leucodon*	♂ *nana*	♂ *Philippi*	♂ *rubra*	♂ *vulgata*	
♀ *acuminata*	I	64	67	—	—	—	—	—	—	39	—	—	37	*acuminata* ♀
♀ *alba*	65	II	53	7	72	32	13	41	36	46	19	3	11	*alba* ♀
♀ *coeruleodulcis*	—	54	III	34	—	10	—	71	—	—	—	58	59	*coeruleodulcis* ♀
♀ *cyanea*	—	8	35	IV	—	51	29	—	†	†	31	17	27	*cyanea* ♀
♀ *cyanornis*	—	†	—	†	V	—	—	—	—	—	—	—	—	*cyanornis* ♀
♀ *dulcis*	—	33	9	52	—	VI	†	—	—	—	—	49	55	*dulcis* ♀
♀ *gilva*	—	14	61	†	—	57	VII	—	—	†	26	25	15	*gilva* ♀
♀ *leucoceras*	—	†	70	—	45	—	—	VIII	†	—	—	—	68	*leucoceras* ♀
♀ *leucodon*	—	—	—	†	—	†	—	42	IX	—	—	†	62	*leucodon* ♀
♀ *nana*	40	47	66	†	—	†	†	—	—	X	43	†	1	*nana* ♀
♀ *Philippi*	—	20	—	30	—	—	†	—	—	44	XI	23	5	*Philippi* ♀
♀ *rubra*	—	4	†	18	—	50	†	—	†	48	24	XII	21	*rubra* ♀
♀ *vulgata*	38	12	60	28	†	56	16	69	63	2	6	22	XIII	*vulgata* ♀
	♂ *acuminata*	♂ *alba*	♂ *coeruleodulcis*	♂ *cyanea*	♂ *cyanornis*	♂ *dulcis*	♂ *gilva*	♂ *leucoceras*	♂ *leucodon*	♂ *nana*	♂ *Philippi*	♂ *rubra*	♂ *vulgata*	

A. Rassen, deren Früchte sich nur in einem wirklich oder scheinbar einheitlichen Merkmal (p. 1) unterscheiden.

a. Die Form der Körner ist verschieden.

Fehlt. Man vergleiche Vers. 37—42, 45, 64, 65, 68—72, wo die Differenz in der Form mit anderen Differenzen combinirt ist.

b. Die Grösse der Körner ist verschieden.

Vers. 1. ***R. nana,*** bestäubt mit der ***R. vulgata***[1]).

Von 2 Individuen erhielt ich 5 Kolben. Sie waren, mit einer Ausnahme, sehr schlecht mit Körnern besetzt, die sich in nichts von typischen *nana*-Körnern unterschieden[2]). 10 Körner vom grössten, locker besetzten Kolben wogen durchschnittlich je 142,9 mgr; 10 Körner von jenem einen, mittelgrossen, dicht besetzten Kolben durchschnittlich je 91,9 mgr.

Vers. 2. ***R. vulgata,*** bestäubt mit der ***R. nana***[1]).

Der Versuch wurde zweimal angestellt. 5 Pflanzen gaben 6 Kolben. Sie waren alle sehr mangelhaft mit Körnern besetzt, die in keiner Weise von typischen *vulgata*-Körnern abwichen[3]). 6 Körner aus der Mitte des bestentwickelten Kolbens wogen durchschnittlich je 337 mgr, 6 von einem ganz locker besetzten Kolben durchschnittlich je 129,6 mgr, 10 eines ähnlichen dritten Kolbens durchschnittlich je 420 mgr.

c. Die Farbe der Körner ist verschieden.

1. Die Farbe einer Schicht ist verschieden.

a. Die Fruchtschale ist verschieden gefärbt.

Vers. 3. ***R. alba,*** bestäubt mit der ***R. rubra.***

Der Versuch wurde zweimal angestellt. Von 2 Pflanzen erhielt ich 6 Kolben, die zum Theil ganz vollkommen entwickelt waren und deren Körner genau denen der *R. alba* entsprachen.

Vers. 4. ***R. rubra,*** bestäubt mit der ***R. alba.***

Auch dieser Versuch wurde zweimal angestellt. 3 Pflanzen gaben 5 Kolben, die zum Theil fast vollkommen entwickelt waren, und deren Körner gar nichts von einem Einfluss der zur Bestäubung benützten Rasse verriethen; vor allem war die Farbe der Fruchtschale nicht im Geringsten verändert.

Vers. 5. ***R. Philippi,*** bestäubt mit der ***R. vulgata.***

Ich erhielt von einem Individuum 1 Kolben. Alle trugen nur einzelne Körner, die ganz typischen *Philippi*-Körnern entsprachen. 10 an zwei Kolben vertheilt stehende Körner wogen durchschnittlich je 262 mgr.

Vers. 6. ***R. vulgata,*** bestäubt mit der ***R. Philippi.***

Von 2 Individuen erhielt ich zwei Kolben, die beide fast vollkommen entwickelt waren und typische *vulgata*-Körner trugen. Beim einen war die Farbe etwas heller, als sie gewöhnlich bei der *R. vulgata* ist; er war wohl nicht ganz reif geworden.

[1]) Die nicht sehr bedeutende Differenz in der Färbung (bei der *R. vulgata* ist das Endosperm gelborange, bei der *R. nana* tieforange) blieb hier absichtlich unberücksichtigt, ebenso die physikalische Beschaffenheit des Endosperms (das bei der *R. vulgata* mehliger ist).

[2]) Die Farbe des Endosperms konnte nicht mit Bestimmtheit als heller bezeichnet werden.

[3]) Die Farbe des Endosperms konnte nicht mit Bestimmtheit als dunkler bezeichnet werden.

3. Die Kleberschicht ist verschieden gefärbt.

Vers. 7. ***R. alba,*** bestäubt mit der ***R. cyanea.***

Der Versuch wurde dreimal angestellt. Ich erhielt von 6 Pflanzen 7 Kolben, darunter nur einen vollkommenen. Etwas mehr als die Hälfte der Körner war in stärkerem oder schwächerem Grade blau gefärbt, oft nur in Spuren; ganz blaue Körner waren selten, dagegen kamen alle möglichen Abstufungen gegen Weiss hin vor, durch Abtönung und Sprenkelung. Die Nuance ist etwas abweichend, deshalb, weil die *alba*-Fruchtschale ihre grössere Durchsichtigkeit, der *cyanea*-Fruchtschale gegenüber, behält (Fig. 52—58, Taf. I.; Fig. 7, Taf. II.). Ich habe für zwei Kolben genauere Zahlen zu ermitteln versucht.

Tabelle 5.

Nummer des Kolbens	I.		II.		I—II.	
weiss	49	49	29	29	78	78 = 46,2 %
etwas blau	22	} 50	6	} 41	28	} 91 = 53,8 %
mittel	8		8		16	
stark blau	15		25		40	
ganz blau	? 5		2		7	

Die zur Bestäubung benützten *cyanea*-Pflanzen waren zum Theil nicht rassenrein, sondern enthielten etwas von der *R. alba*. Doch sind nicht deshalb so viele Körner weiss geblieben, wie wir gleich sehen werden.

Der Versuch wurde 1900 wiederholt. Die Individuen der *R. cyanea* waren diesmal fast alle ganz typisch (nur eines von 8 hatte einen Kolben mit einigen helleren Körnern hervorgebracht), auch standen alle Individuen in einer Reihe, doch war übersehen worden, dass einige der 7 *alba*-Pflanzen androgyne Kolben entwickelten. Das kann jedoch, wie Vers. 16 lehrt, nichts geschadet haben; auch die später zu besprechenden Beziehungen zwischen der Zahl der stark veränderten Körner und der Zahl der überhaupt veränderten beweisen, dass die unveränderten nicht durch Selbstbefruchtung entstanden sind.

Das Ergebniss entsprach ganz dem der vorigen Jahre. Die 8 Kolben waren nur zum Theil gut entwickelt, viele Körner weiss oder auffallend wenig verändert, oft nur eben merklich violett angehaucht, oder trugen einzelne blaue Punkte, die erst mit der Lupe erkannt werden konnten. Ich habe für 7 Kolben die genaueren Zahlen zu ermitteln versucht:

Tabelle 6.

Nummer des Kolbens.	I.	II.	III.	IVa.	V.	VI.	IVb.	VII.
weiss	3	9	12	27	47	36	21	54
etwas blau	18	22	25	37	53	33	26	46
mittel	4	7	1	11	12	9	1	6
stark blau	4	3	23	6	18	11	4	12
ganz blau	21	10	10	14	8	14	2	4
zusammen:								
weiss	6%	14%	16,9%	28,4%	34,1%	34,9%	38,9%	44,3%
mehr oder weniger blau	94%	86%	83,1%	71,6%	65,9%	65,1%	61,1%	55,7%
und zwar von der Gesammtzahl:								
etwas blau	36%	43,1%	36,9%	38,9%	38,4%	32%	48,1%	37,7%
stark und ganz blau	50%	25,4%	46,5%	21,1%	18,8%	24,3%	13,1%	10,9%
ganz blau	42%	19,6%	14,1%	14,7%	5,8%	13,3%	3,7%	3,3%
von den mehr oder weniger blauen:								
etwas blau	38,3%	52,2%	42,4%	62,9%	58,2%	49,3%	63,6%	78,2%
stark und ganz blau	61,7%	47,8%	57,6%	37,1%	41,8%	50,7%	36,4%	21,8%
nämlich:								
stark blau	18%	24%	30,7%	16,5%	33%	29,5%	30,3%	15,9%
ganz blau	43,7%	23,8%	16,9%	20,6%	8,8%	21,2%	6,1%	5,9%

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass die Procentzahl der wenig veränderten Körner bei allen Kolben nicht stark differirt — sie macht 36% bis 48% aus —, dass dagegen die der ganz weissen und die der stark und ganz blauen sehr verschieden ist; sie schwankt für jene zwischen 6% und 44%, für diese zwischen 11% und 50%. Je weniger weisse Körner, desto mehr stark und ganz blaue, nicht bloss absolut, sondern auch relativ genommen, eben weil die Procentzahl der etwas modificirten Körner stets annähernd dieselbe ist.

Fig. 52—58, Taf. I.; Fig. 7, Taf. II.

Vers. 8. ***R. cyanea,*** bestäubt mit der ***R. alba.***

Der Versuch wurde zweimal angestellt. Von 4 Pflanzen erhielt ich 6 Kolben, die alle gut entwickelt, zum Theil fast vollkommen waren. 2 Kolben, von 2 Pflanzen stammend, zeigten lauter ganz oder annähernd unveränderte *cyanea*-Körner; 4, von den beiden übrigen Pflanzen stammend, waren

mit annähernd gleich viel weissen und blauen Körnern besetzt. In einem genauer untersuchten Fall waren 34 Körner weiss, 41 blau. Uebergänge fehlten. 12 der weissen Körner wogen durchschnittlich je 334 mgr, 12 der blauen 343 mgr. Von den verwendeten *cyanea*-Pflanzen waren offenbar zwei rassenrein; zwei waren es nicht; in Folge der darin steckenden *R. alba* wurde, bei der Bestäubung mit dem Pollen dieser Rasse, die Hälfte der Körner weiss (vergl. Vers. 80).

1900 wurde der Versuch zum dritten Male angestellt. 6 Pflanzen trugen 8 Kolben, darunter einige gut entwickelte. Bei allen Kolben zeigten sich diesmal hellere, selbst einzelne beinahe rein weisse Körner, jedoch in so geringer Zahl, dass daraus sofort hervorging, dass sie rassenrein gewesen sein mussten (Fig. 8. Taf. II.). Ich habe an zwei Kolben Zählungen ausgeführt, deren Resultat die untenstehende Tabelle enthält.

Tabelle 7.

Nummer des Kolbens.	I.		II.		III.		I—III.
weiss	0	0	0	0	0	0	0%
etwas blau	13	127	7	67	6	123	8,2%
mittel	11		4		13		8,8%
stark blau	22		8		38		21,5%
ganz blau	81		48		66		61,5%

Fig. 59—61, Taf. I.; Fig. 8, Taf. II.

Um das verschiedene Verhalten der beiden Verbindungen ♀ *alba* + ♂ *cyanea* und ♀ *cyanea* + ♂ *alba* recht deutlich zu machen, diene Fig. 13; für jene sind drei bestimmte Fälle — die beiden extremsten und ein etwa die Mitte haltender —, für diese das Mittel von drei Fällen dargestellt worden [1]). Im Uebrigen vergleiche man die Figurenerklärung.

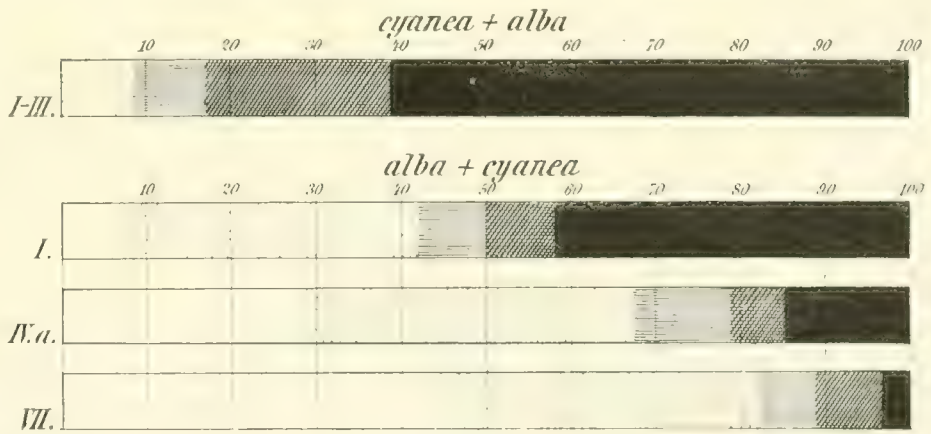


Fig. 13. Xenienkolben der Abstammung *cyanea* ⨳ *alba* und *alba* ⨳ *cyanea*. Graphische Darstellung der Procentzahlen, in denen die ganz blauen (schwarz), stark blauen (doppelt schraffirt), mittleren (einfach schraffirt), etwas blauen (punktirt) und weissen (weiss gelassen) Körner vorhanden sind. Vorn stehen die Nummern, unter denen die betreffenden Kolben in den Tabellen 7 und 6 zu finden sind.

[1]) Beim Vergleichen der Tabellen ist auch darauf zu achten, wie verschieden das Zahlenverhältniss der ganz blauen Körner zu den schwach-, mittel- und stark-blauen ist, je nachdem die Verbindung *alba* + *cyanea* oder die *cyanea* + *alba* vorliegt; daran könnte dadurch, dass im ersten Fall die *R. cyanea* nicht ganz rein oder die *R. alba* nicht ganz vollständig castrirt war, nichts geändert worden sein.

Vers. 9. *R. dulcis*, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis*.

Von den runzlig gebliebenen, also durch die Rasse *coeruleodulcis* bestäubten Körnern der Kolben von Vers. 73 zeigten fast alle mehr oder weniger blaue Flecken. Die beiden bestentwickelten Kolben besassen 58 und 73 runzelige Körner, darunter kein einziges, das noch reines *dulcis*-Endosperm gehabt hatte, ganz homogen blaue waren aber sehr selten, die meisten waren stark gefleckt. Wegen der runzeligen Oberfläche waren genauere Zahlen nicht zu ermitteln.

Fig. 79, Taf. I.

Vers. 10. *R. coeruleodulcis*, bestäubt mit der *R. dulcis*.

Von 2 Pflanzen erhielt ich 4 und 3 Kolben, die sämmtlich mangelhaft ausgebildet waren (bis zur Hälfte der möglichen Körnerzahl an einem Kolben); die Körner verriethen in der Farbe durchaus nichts von der Bestäubung durch die *R. dulcis*. Sie waren durchschnittlich etwas schwerer als die der *R. coeruleodulcis*, 10 aus der Mitte eines Kolbens wogen ca. 284,6 mgr, während das Gewicht reiner *coeruleodulcis*-Körner zwischen 237 mgr und 201 mgr betrug. Damit hing wohl zusammen, dass die Körner zum Theil weniger tief runzelig waren, die chemische Beschaffenheit des Endosperms war aber unverändert.

γ. Das Endosperm (ohne die Kleberschicht) ist verschieden gefärbt.

Vers. 11. *R. alba*, bestäubt mit der *R. vulgata*.

Der Versuch wurde viermal ausgeführt, von 16 Pflanzen erhielt ich 19 Kolben, die sehr verschieden gut ausgebildet, zum Theil fast vollkommen oder vollkommen waren. Die Körner waren (fast) ausnahmslos orangegelb oder gelblich, die Mehrzahl entschieden gelb, aber heller als die Körner der *R. vulgata*, sehr hellgelbe selten, einzelne von denen der *R. alba* kaum zu unterscheiden; dass intensiv gelbe von der reinen *vulgata*-Nuance vorkamen, will ich nicht entschieden in Abrede stellen.

Vers. 12. *R. vulgata*, bestäubt mit der *R. alba*.

Der Versuch wurde zweimal ausgeführt. Ich erhielt von 4 Pflanzen 8 Kolben; die meisten waren fast vollkommen entwickelt. Das Gelb der Körner ist jedenfalls nicht viel heller als bei der reinen *R. vulgata*, einige Körner sind jedoch gewiss etwas lichter gelb; dagegen ist der Unterschied gegenüber den durch die umgekehrte Bestäubung entstandenen Körnern (Vers. 11) sehr auffallend, wenn man die ganzen Kolben neben einander hält; sie sind hier wesentlich dunkler.

Vers. 13. *R. alba*, bestäubt mit der *R. gilva*.

Der erste Versuch verlief resultatlos, sein Ergebnis ist aber durch den Vergleich derjenigen Versuche festzustellen, bei denen unreine, *alba*-haltige *cyanea* theils mit dem Pollen der *R. alba* (Vers. 81) theils mit dem der *R. gilva* (Vers. 29) bestäubt wurde: die der Anlage nach weissen Körner waren alle gelblich geworden, keines so intensiv gelb, wie die dunkelsten der *R. gilva*, es war aber auch keines so weiss geblieben wie ein helles der *R. alba*.

1900 erhielt ich dagegen von 5 Pflanzen 8 Kolben, darunter zwei ganz vollkommene. Die Gesammtfarbe war deutlich gelber als bei der reinen *R. alba*, aber auch wesentlich heller als bei der reinen *R. gilva*, die einzelnen Körner waren so gross wie bei der *R. alba*.

Vers. 14. ***R. gilva,*** bestäubt mit der ***R. alba.***

Ich erhielt einen einzigen, ziemlich unvollkommenen Kolben mit lauter gelben und gelblichen Körnern, von denen die Extreme einerseits von reinen *gilva*-Körnern, andererseits von reinen *alba*-Körnern kaum zu unterscheiden waren, aber durch alle Uebergänge vermittelt wurden. Die Gesammtfarbe des Kolbens ist heller als bei reiner *gilva*-Rasse.

1900 erhielt ich dagegen von 3 Pflanzen 3 gutentwickelte Kolben, die von typischen Kolben der *R. gilva* kaum zu unterscheiden waren.

Vers. 15. ***R. gilva,*** bestäubt mit der ***R. vulgata.***

Ich erhielt von einer Pflanze zwei ziemlich mangelhafte Kolben; die Farbe der Körner war zum grösseren Theil gleich der der *R. vulgata*, zum kleineren etwas heller, bis zur Nuance der *R. gilva* herab.

Als 1900 der Versuch wiederholt wurde, gaben nur 2 Pflanzen (von 7) zwei schlecht besetzte Kolben. Die Farbe der Körner schwankte fast von dem hellen Gelb der *R. gilva* bis zu dem dunklen der *R. vulgata*, die Gesammtfarbe des besseren Kolbens war etwas heller als bei der umgekehrten Verbindung (Vers. 16), weil entschieden mehr hellere Körner vorhanden und die hellsten hier lichter gefärbt waren, als die hellsten dort.

Vers. 16. ***R. vulgata,*** bestäubt mit der ***R. gilva.***

Von drei Pflanzen erhielt ich je einen Kolben; die Körner waren von denen der reinen *R. vulgata* kaum zu unterscheiden.

Der Versuch wurde 1900 wiederholt; von drei Pflanzen erhielt ich je einen Kolben, darunter einen vollkommenen und einen mit zwei Körnern. Die Gesammtfarbe der Kolben ist eben merklich heller als bei reiner *R. vulgata*, aber dunkler als bei der umgekehrten Verbindung (Vers. 15); die einzelnen Körner sind gleichmässiger gefärbt.

2. Die Färbung ist bei zwei Schichten verschieden.

δ. Die Färbung ist bei Fruchtschale und Kleberschicht verschieden.

Vers. 17. ***R. cyanea,*** bestäubt mit der ***R. rubra.***

Der Versuch wurde zweimal angestellt. Drei Pflanzen brachten 4 Kolben, darunter zwei vollkommene. Der Kolben der ersten trug lauter typische *cyanea*-Körner, die zwei vollkommenen Kolben der zweiten fast lauter typische *cyanea*-Körnern, nur einige wenige Körner waren etwas heller, eines aber weiss und blau gesprenkelt. Am Kolben der dritten Pflanze waren etwas mehr als die Hälfte der Körner (88) weiss, etwas weniger als die Hälfte (50 = 37,9 %) blau, Uebergänge fehlten. Im ersten und zweiten Fall lag reine *R. cyanea* vor, doch von individuell verschiedener Stärke, im dritten sicher ein Bastard, etwa von der Abstammung *alba* + *cyanea* (verg. Vers. 80).

Vers. 18. ***R. rubra,*** bestäubt mit der ***R. cyanea.***

Der Versuch wurde dreimal angestellt. Ich erhielt von 8 Pflanzen 8 Kolben, darunter mehrere gut bis vollkommen entwickelte. Bei allen waren nur relativ wenige Körner deutlich roth geblieben.

die Mehrzahl war braunviolett bis schwarz, weil in der Kleberschicht blau aufgetreten war. Schon durch die Schale hindurch war bei genauerem Zusehen festzustellen, dass viele Körner gescheckt waren, manche nur einzelne dunkle, andere nur einzelne helle Flecken trugen. Eine Anzahl Körner wurde eingeweicht und geschält; sie zeigten, dass das Blau ganz so vertheilt war wie bei den *vulgata*-Kolben, die durch die Bestäubung mit *cyanea*-Pollen entstanden waren (Vers. 28). Von 12 Körnern eines Kolbens waren z. B. reine weiss 0, etwas blau 3, mittel 2, stark blau 3, fast ganz blau 4. 10 Körner wogen durchschnittlich je 253,8 mgr.

Fig. 63, 64, Taf. I.

ε. Die Färbung ist bei Fruchtschale und Endosperm verschieden.

Vers. 19. ***R. alba,*** bestäubt mit der ***R. Philippi.***

2 Pflanzen gaben 3 Kolben, die zum Theil fast vollkommen ausgebildet waren. Die meisten Körner waren ausgesprochen gelb, einzelne von typischen *vulgata*-Körnern nur noch durch eine etwas hellere Färbung der Kuppe verschieden, andere nur am Rande deutlich gelb und in der Mitte fast rein weiss, keines entsprach mehr den typischen *alba*-Körnern.

Vers. 20. ***R. Philippi,*** bestäubt mit der ***R. alba.***

Von 3 Pflanzen erhielt ich (an 4 Kolben) nur 11 reife Körner, die in jeder Hinsicht typischen *Philippi*-Körnern entsprachen.

Vers. 21. ***R. rubra,*** bestäubt mit der ***R. vulgata.***

Der Versuch wurde zweimal angestellt. Von 3 Pflanzen erhielt ich 9 Kolben, darunter nur zwei mässig vollkommene; alle Körner liessen sich äusserlich von den Körnern der reinen *R. rubra* nicht unterscheiden, beim Ausschneiden merkte man aber bei allen, dass das Endosperm deutlich gelb geworden war. Doch erreichte die Intensität, im Uebrigen schwankend, nie ganz das Gelborange der reinen *R. vulgata*. — 10 lockerstehende Körner aus der Mitte eines Kolbens wogen durchschnittlich je 428,9 mgr. 10 dichtstehende aus der Mitte eines Kolbens von einer anderen Pflanze je 345,5 mgr.

Vers. 22. ***R. vulgata,*** bestäubt mit der ***R. rubra.***

Der Versuch wurde zweimal ausgeführt. Ich erhielt von 4 Pflanzen 6 Kolben, darunter zwei fast vollkommene; die übrigen waren zum Theil recht unvollkommen. Bei der Mehrzahl der Individuen war die Farbe der Körner an den ganzen Kolben von der reiner *vulgata*-Körner kaum verschieden, bei einem zeigten die Kolben deutlich einzelne etwas hellere Körner, trotz anscheinend völliger Reife. Die genauere Untersuchung zeigte aber, dass diese hellere Färbung nur dadurch zu Stande kam, dass die mehlige Partie des Kornes näher als sonst zur Oberfläche kam, wohl in Folge ungenügender Reife. 10 dichtstehende Körner aus der Mitte eines Kolbens wogen durchschnittlich je 413,3 mgr.

Vers. 23. ***R. Philippi,*** bestäubt mit der ***R. rubra.***

Von einer Pflanze erhielt ich 4 Kolben, darunter zwei zum Theil vollkommen entwickelte. Die Körner entsprachen vollkommen denen der *R. Philippi*; es war nicht nur die Fruchtschale durchaus unverändert, auch die Gelbfärbung des Endosperms unterschied sich nicht merklich.

Vers. 24. ***R. rubra,*** bestäubt mit der ***R. Philippi.***

2 Pflanzen gaben 5 Kolben, einer, der grösste, mässig gut, die übrigen mangelhaft, zum Theil ganz unvollkommen entwickelt. Die Körner entsprachen äusserlich ganz denen der *R. rubra*, ange-

schnitten zeigten aber alle Untersuchten ein deutlich gelbes Endosperm, das in seiner Färbung freilich dem der *R. Philippi* doch nicht gleichkam.

Vers. 25. ***R. gilva,*** bestäubt mit der ***R. rubra.***

Ich erhielt von zwei Pflanzen je einen Kolben, von denen der eine vollkommen, aber etwas zerfressen, der zweite unvollkommen war. Die Mehrzahl der Körner war sehr hellgelb, heller als die der reinen *gilva*-Rasse, einzelne tiefer gelbe waren wohl Xenien, durch angeflogenen *vulgata*-Pollen.

Vers. 26. ***R. gilva,*** bestäubt mit der ***R. Philippi.***

Eine Pflanze trug zwei ganz vollkommene Kolben, deren Körner wohl so tiefgelb waren, wie es das Endosperm bei der *R. Philippi* ist, so dass sie also von denen der *R. vulgata* nicht zu unterscheiden waren.

Fig. 42, Taf. I.

ζ. Die Färbungen der Kleberschicht und des Endosperms sind verschieden.

Vers. 27. ***R. cyanea,*** bestäubt mit der ***R. vulgata.***

2 Pflanzen gaben 4 unvollkommene Kolben. Die drei der einen besassen lauter Körner, die äusserlich denen der reinen *R. cyanea* entsprachen, angeschnitten aber ein mehr oder weniger stark gelbes Endosperm zeigten. Der einzige Kolben der andern Pflanze trug nur neun blaue Körner und neun gelbliche bis gelbe; Uebergänge fehlten. Die blauen Körner zeigten, angeschnitten, ebenfalls ein gelbliches bis gelbes Endosperm. Die erste Pflanze war reine *cyanea*-Rasse, die zweite ein Bastard, wohl *alba* + *cyanea.*

Fig. 89, Taf. I.

Vers. 28. ***R. vulgata,*** bestäubt mit der ***R. cyanea.***

Der Versuch wurde dreimal angestellt. Von 6 Pflanzen erhielt ich 7 Kolben, erst beim letzten Mal von 2 Pflanzen 3 fast vollkommene. Von den Körnern waren nur ganz wenige völlig unveränderte *vulgata*-Körner, alle andern mehr oder weniger blau gefleckt, mit sehr verschiedener Intensität, bald mehr rein blau, bald mehr rothviolett, am selben Korn und mit Uebergängen; rein blaue Körner waren fast so selten wie rein gelbe, das Gelb des Endosperms im übrigen nicht gerade merklich heller als bei den reinen *vulgata*-Körnern. Eine möglichst genaue Zählung an den drei vollkommensten Kolben hatte folgendes Resultat:

Tabelle 8.

Nummer des Kolbens.	I, 1		I, 2		II.		I, 1, 2, II.	
		%		%		%		%
ganz rein gelb	1	0,7	5	2,5	5	4,2	11	2,4
etwas blau	20	14,5	40	20,0	11	9,2	71	15,5
mittel	30	21,7	53	26,5	27	22,7	110	24,1
stark blau	75	54,4	93	46,5	72	60,5	240	52,5
rein blau	12	8,7	9	4,5	4	3,4	25	5,5

Vergl. dazu Textfigur 23, I.

Vers. 29. ***R. cyanea,*** bestäubt mit der ***R. gilva.***

Von 2 Pflanzen erhielt ich drei ziemlich mangelhafte Kolben. Zwei, von dem einen Individuum stammend, trugen lauter Körner, die äusserlich vollkommen denen der reinen *R. cyanea* glichen; angeschnitten zeigten sie aber ein deutlich gelbliches Endosperm. Der dritte, von dem andern Individuum stammende, trug Körner, von denen etwas weniger als die Hälfte blau (32), etwas mehr als die Hälfte (41) mehr oder weniger deutlich gelblich waren, nie so gelb, wie die Körner der reinen *gilva*-Rasse und nie so weiss, wie die der reinen *alba*-Rasse. Das Endosperm der blauen Körner wurde nicht untersucht, es wäre gewiss auch mehr oder weniger gelblich gefunden worden. Uebergänge zwischen blau und gelblich fehlten. — Die erste Pflanze war reine *cyanea*, in der zweiten steckte die *R. alba*, deshalb fiel das Blau bei der Hälfte der Körner weg, so dass die sonst durch das Blau maskirte, gelbliche Färbung des Endosperms ohne weiteres zu sehen war.

3, η. Die Färbung ist in allen drei Schichten verschieden.

Vers. 30. ***R. Philippi,*** bestäubt mit der ***R. cyanea.***

Nur ein recht lückenhafter Kolben, der sich, von der Farbe der Fruchtschale abgesehen, genau so verhielt, wie ein mit der *R. cyanea* bestäubter *vulgata*-Kolben; das Endosperm war nicht wesentlich heller gelb.

Fig. 92, 93, Taf. I.

Vers. 31. ***R. cyanea,*** bestäubt mit der ***R. Philippi.***

Drei stellenweise sehr mangelhafte Kolben, von derselben Pflanze stammend, zeigten 257 ganz blaue, 36 stark blaue, 7 mittel blaue, 8 nur etwas blaue, zuweilen nur mit einzelnen blauen Punkten versehene Körner, und eines ganz ohne Blau. Soweit die Körner nicht ganz blau waren, war sofort zu sehen, dass das Endosperm gelb gefärbt war; beim Anschneiden zeigte sich, dass sich die ganz blauen Körner ebenso verhielten. Doch blieb die Intensität der Färbung hinter der der reinen *R. Philippi* zurück.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die *cyanea*-Pflanze wohl rassenrein, aber individuell schwächer war, als es gewöhnlich der Fall ist, und dass das Blau in Folge der Bestäubung mit dem *Philippi*-Pollen wirklich zurückgedrängt wurde.

Fig. 84, Taf. I.

d. Die Beschaffenheit des Endosperms ist verschieden.

α. Die chemische Beschaffenheit des Reservemateriales im Endosperm ist verschieden.

Vers. 32. ***R. alba,*** bestäubt mit der ***R. dulcis.***

Der Versuch wurde zweimal ausgeführt. 6 Pflanzen gaben 7 Kolben, die fast vollkommen bis mangelhaft entwickelt waren; die Körner waren in keiner Hinsicht von denen der reinen *alba*-Rasse verschieden.

Vers. 33. ***R. dulcis,*** bestäubt mit der ***R. alba.***

Ich erhielt nur einen mangelhaften Kolben mit glatten oder fast glatten Körnern, von leicht bräunlicher Färbung (genau denen entsprechend, die bei der Bestäubung mit der *R. rubra* entstehen), deutlich verschieden von denen der reinen *R. alba* und denen, die bei dem vorhergehenden Versuch entstunden. Ein Theil dieser Differenz beruht sicher auf der bräunlichen Färbung der Fruchtschale, vielleicht die ganze; im Stärkegehalt des Endosperms besteht jedenfalls kein microscopisch nachweisbarer Unterschied.

Vers. 34. ***R. coeruleodulcis,*** bestäubt mit der ***R. cyanea.***

Die wenigen Körner zweier mangelhafter Kolben, von einer Pflanze, entsprachen nach Farbe und Form und nach der Beschaffenheit des Reservemateriales vollkommen der *R. cyanea.*

Vers. 35. ***R. cyanea,*** bestäubt mit der ***R. coeruleodulcis.***

Ich erhielt von einer Pflanze 2 Kolben mit zusammen 6 Körnern, die in keiner Weise von typischen *cyanea*-Körnern abwichen. Sie waren etwas mehliger als diese gewöhnlich sind, doch hängt das gewiss nur mit der nicht ganz vollkommenen Reife zusammen.

β. Die physikalische Beschaffenheit des Endosperms ist verschieden.

Vers. 36. ***R. alba,*** bestäubt mit der ***R. leucodon.***

Von 4 Pflanzen erhielt ich je einen Kolben; alle waren mangelhaft ausgebildet. Keines der Körner war an der Spitze eingedrückt; die Farbe ist die der reinen *R. alba*, und dem entsprechend zeigen die durchschnittenen Körner wohl merkliche Schwankungen im Verhältniss des mehligen Theiles des Endosperms zum hornigen, aber keine grösseren, als bei der reinen *R. alba* auch. Obwohl die *R. leucodon* nicht rein war, hätte sie doch einzelne Körner modificiren müssen, wenn sie dazu überhaupt im Stande gewesen wäre.

Vers. —. ***R. leucodon,*** bestäubt mit der ***R. alba.***

Dieser Versuch wurde leider nicht ausgeführt, sein Ergebniss lässt sich jedoch nach dem des Vers. 62 mit Sicherheit voraussagen: Die Beschaffenheit der Körner wäre nicht (wesentlich) geändert worden.

B. Rassen, deren Früchte sich in zwei wirklich oder scheinbar einheitlichen Merkmalen unterscheiden.

a. Die Form und Grösse der Körner sind verschieden.

Vers. 37. ***R. acuminata,*** bestäubt mit der ***R. vulgata.***

Der Versuch wurde dreimal ausgeführt.

A. Im ersten Jahr war das Saatgut aus einer grösseren Quantität Körner ausgesucht worden. Vier Pflanzen gaben 7 Kolben, die z. Th. klein, im allgemeinen aber gut bis vollkommen entwickelt waren. Die Grösse der Körner war unverändert, die Form verschieden, spitzer oder weniger spitz; bei jeder Pflanze aber die gleiche, und die Variationen nicht anders wie bei den der gegenseitigen Bestäubung überlassenen *acuminata*-Pflanzen auch (Textfig. 14). Also kein Einfluss der Bestäubung mit der *R. vulgata.*

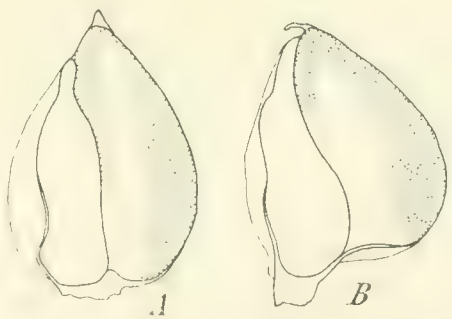


Fig. 14. Xenienkörner; *R. acuminata.* bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 37).

Sagittalschnitte durch zwei Körner von verschiedenen Pflanzen. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.) Vergl. Textfig 1.

7 Körner einer Pflanze wogen durchschnittlich je 189 mgr, 12 Körner einer zweiten je 131 mgr, 10 Körner einer dritten je 146 mgr, 10 Körner einer vierten je 199 mgr; das Maximum war also 199 mgr, das Minimum 131 mgr.

B. Im zweiten Jahr wurden Körner jener *acuminata*-Pflanze ausgesät, die unter den der gegenseitigen Bestäubung überlassenen die spitzesten trug. Das Ergebniss war wie bei Vers. A, nur trugen nun 6 von 8 Pflanzen Kolben mit sehr spitzen Körnern, zwei hatten geblüht, aber nicht angesetzt. Im Ganzen reiften 16 Kolben.

25 Körner von einem Kolben der Pflanze a wogen durchschnittlich je 144 mgr (10 davon je 141 mgr), 26 von einem Kolben der Pflanze b durchschnittlich je 207 mgr (10 davon je 214 mgr), 20 von einem Kolben der Pflanze c durchschnittlich je 170 mgr; das Maximum war also 214 mgr, das Minimum 141 mgr.

C. Im Jahr 1900 wurde der Versuch wiederholt. Ich erntete von 5 Pflanzen 8 Kolben, alle sehr unvollkommen ausgebildet. Die Körner waren in Form und Grösse ganz unverändert.

Von 3 Kolben wurde je eine Anzahl Körner gewogen. 10 des ersten wogen durchschnittlich je 230 mgr, 5 beliebig herausgegriffene (von diesen 10) je 247 mgr, 20 des zweiten im Mittel je 191 mgr, 10 beliebig herausgegriffene je 185 mgr, 20 des dritten durchschnittlich je 165,9 mgr, 10 beliebig herausgegriffene je 165,8 mgr; das Maximum war also 247 mgr, das Minimum 166 mgr.

Fig. 44, Taf. I.; Textfig. 14.

Vers. 38. ***R. vulgata,*** bestäubt mit der ***R. acuminata.***

Von 6 Pflanzen erhielt ich 7 Kolben, darunter einige fast oder ganz vollkommene. Die Körner waren typische *vulgata*-Körner, weder in der Grösse noch in der Form verschieden. 25 Körner des grössten, vollkommenen Kolbens wogen durchschnittlich je 315 mgr (die 10 grössten je 333 mgr, die 10 kleinsten je 301 mgr); 12 Körner eines lockerbedeckten Kolbens einer zweiten Pflanze je 381 mgr; 12 eines kleineren, ziemlich vollkommenen Kolbens einer dritten Pflanze nur 191 mgr, während ein grösserer Kolben derselben Pflanze Körner von etwa 300 mgr trug.

Fig. 45, Taf. I.

Vers. 39. ***R. acuminata,*** bestäubt mit der ***R. nana.***

Von drei Pflanzen erhielt ich fünf Kolben mit nur je einem bis drei Körnern, die auch in der Grösse und Form typische *acuminata*-Körner waren. Die Färbung war nicht merklich verändert. Die 4 Körner zweier Kolben einer Pflanze wogen im Durchschnitt je 174 mgr, also mehr als das Mittel reiner *acuminata*-Körner.

Vers. 40. ***R. nana,*** bestäubt mit der ***R. acuminata.***

Von vier Pflanzen erhielt ich eine Anzahl recht mangelhafter Kolben, bei deren Körnern sich gar kein Einfluss der *R. acuminata* zeigte. Ihre Grösse war nach den Pflanzen etwas verschieden; 7 eines mässig gut entwickelten Kolbens wogen durchschnittlich je 77,7 mgr, die drei einzigen eines zweiten Kolbens derselben Pflanze je 83 mgr.

b. Die Form und die Farbe der Körner sind verschieden.

Fehlt. Vergl. aber Vers. 64, 65, 67, 69—72.

c. Die Form der Körner und die Beschaffenheit des Endosperms sind verschieden.

a. Die chemische Beschaffenheit des Reservemateriales ist verschieden.

Fehlt. Vergl. aber Vers. 67, 70.

β. Die physikalische Beschaffenheit des Endosperms ist verschieden.

Vers. 41. ***R. alba,*** bestäubt mit der ***R. leucoceras.***

Von 4 Pflanzen erhielt ich 12 Kolben, von einer allein 7 kleine, aber z. Th. ganz gut entwickelte: eine fünfte setzte nicht an. Die Gesammtfarbe der Kolben war genau die der reinen *R. alba*; die Form der Körner war nicht im geringsten modificirt, und auch das Verhältniss zwischen dem mehligen und hornigen Theil des Endosperms bei allen darauf untersuchten Körnern genau wie bei reinen *R. alba.*

Textfig. 15.

Vers. —. ***R. leucoceras,*** bestäubt mit der ***R. alba.***

Der Versuch gelang nicht. Sieben Pflanzen brachten auch nicht ein reifes Korn. Sein Resultat lässt sich jedoch nach dem Ausgang von Vers. 68 voraussagen: Die Form der Körner wäre unverändert geblieben, der mehlige Theil des Endosperms dagegen etwas grösser und dadurch die Gesammtfarbe etwas reiner weiss geworden.

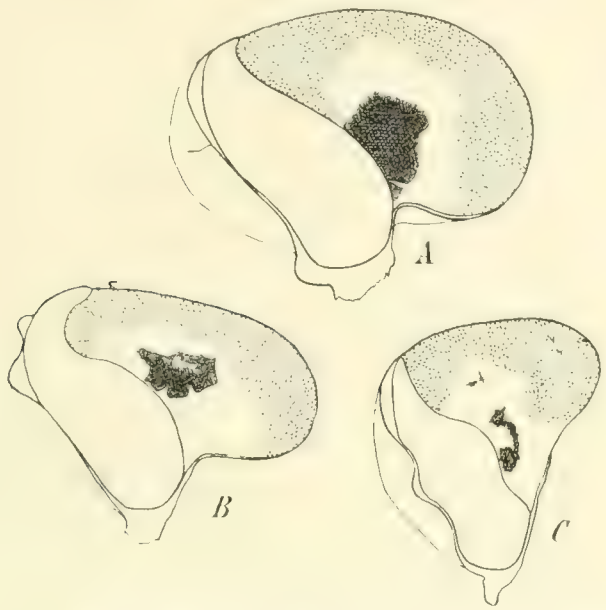


Fig. 15. Xenienkörner; *R. alba*, bestäubt mit der *R leucoceras* (Vers. 41).

Sagittalschnitte durch drei Körner von verschiedenen Pflanzen. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{15}/_{1}$.)

Fig. 16. Xenienkorn, *R. leucodon*, bestäubt mit der *R. leucoceras* (Vers. 42).

Sagittalschnitt. Der mehlige Theil des Endosperms (mit Höhle) ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{15}/_{1}$.) Vergl. Textfig. 10, *A*, *B*.

Vers. 42. ***R. leucodon,*** bestäubt mit der ***R. leucoceras.***

Von 3 Pflanzen erhielt ich je einen Kolben, darunter waren zwei ziemlich schlecht entwickelt, der dritte führte nur 6 Körner. Diese waren vollkommen rund und glatt, von den beiden andern hatte der eine lauter *leucodon*-Körner, der andere wenigstens zur Hälfte solche, zur Hälfte glatte, runde Körner, ohne scharfe Grenze. Entsprechend dem lockeren Stand war die Zahnform selten, die meisten Körner waren rund, mit runder, starker Grube am Scheitel (Textfig. 16.) Die Farbe der Körner entsprach ganz der *R. leucodon*, die durchschnittenen Körner mit *leucodon*-Form zeigten wenigstens annähernd das Verhältniss zwischen dem hornigen und dem mehligen Theil des Endosperms, wie die reine Rasse: die glatten Körner dasselbe, wie die glatten Körner der Kolben der sich selbst überlassenen *leucodon*-Pflanzen. Also keine merkliche Wirkung des *leucoceras*-Pollens weder auf die Form der Körner noch auf die physikalische Beschaffenheit des Endosperms.

Textfig. 16.

d. Die Grösse und die Farbe der Körner sind verschieden.

a. Die Fruchtschale ist verschieden gefärbt.

Vers. 43. ***R. nana,*** bestäubt mit der ***R. Philippi.***

5 von einem Individuum stammende Kolben waren recht unvollständig mit Körnern bedeckt, die bei den verschiedenen Kolben zwar verschieden gross waren, sich aber innert der für reine *nana*-Rasse zulässigen Grenzen bewegten und in der Farbe völlig unverändert waren. 6 Körner des grösstkörnigen Kolbens wogen durchschnittlich je 147 mgr, 6 desselben Kolbens mit aufgesprungener Schale je 139 mgr; 12 Körner des kleinstkörnigen Kolbens wogen je 108,4 mgr.

Vers. 44. ***R. Philippi,*** bestäubt mit der ***R. nana.***

Von 7 Kolben eines Individuums hatte nur einer ein einziges Korn ausgebildet, das nach Grösse und Farbe ganz der *R. Philippi* entsprach. Es wog 248 mgr. —

β. Die Farbe der Kleberschicht ist verschieden.

Vers. 45. ***R. leucoceras,*** bestäubt mit der ***R. cyanornis.***

2 Pflanzen brachten 4 Kolben, eine drei, eine einen. Unter jenen war ein ziemlich gut entwickelter, bei allen waren die Körner kleiner und mehr zugespitzt, als es bei der *R. leucoceras* gewöhnlich der Fall ist; dieser trug ganz an der Spitze ziemlich viele typische, grosse und allmählich in den Schnabel verschmälerte Körner. Einzelne Körner waren auch in der Farbe unverändert, die meisten aber mehr oder weniger graublau geworden, einzelne bis zur Nuance mitteldunkler *cyanornis*-Körner; die meisten waren perlgrau, deutliche Sprenkelung kam nicht häufig vor. Wie Textfig. 17 zeigt, ist die Beschaffenheit des Endosperms unverändert geblieben.

Fig. 76—78, Taf. I; Textfig. 17.

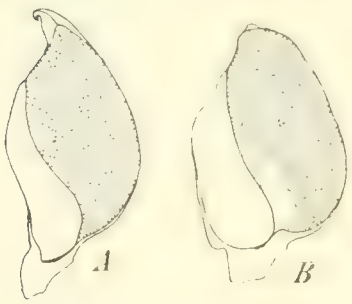


Fig. 17. Xenienkörner; *R. leucoceras* bestäubt mit der *R. cyanornis* (Vers. 45).

Sagittalschnitte durch zwei Körner von verschiedenen Pflanzen. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.) Vergl. Textfig. 8.

γ. Die Färbung des Endosperms ist verschieden.

Vers. 46. ***R. alba,*** bestäubt mit der ***R. nana.***

Der Versuch wurde zweimal angestellt; von 4 Pflanzen erhielt ich 5 Kolben, darunter einige fast vollkommene. Die Körner (wie die Kolben) waren in der Grösse durchaus unverändert (Fig 2, Taf. II), das Endosperm dagegen mehr oder weniger gelb gefärbt, ohne je die Intensität der reinen *R. nana* oder auch nur die der *R. vulgata* zu erreichen. Eine Anzahl auffallend heller Körner war wenigstens am Rande deutlich gelb; bei ihnen reichte in der Mitte die mehlige Partie des Endosperms weiter als sonst nach aussen (Fig. 29—31, Taf. I). — 10 ziemlich locker stehende Körner aus der Mitte eines Kolbens wogen durchschnittlich je 422 mgr, 12 dichtstehende eines anderen Kolbens einer zweiten Pflanze durchschnittlich je 359,3 mgr. Von diesen wurde das Trockengewicht der einzelnen Bestandtheile getrennt bestimmt. Das der Fruchtschale betrug 19.1 mgr, das des Endosperms 246.7 mgr, das des Embryo 30.9 mgr; das Gewicht der beiden letzten zu 100 angesetzt, wog das Endosperm 88.9, der Embryo 11,1 mgr.

Als 1900 der Versuch wiederholt wurde, erhielt ich von 8 Pflanzen 15 z. Th. ganz vollkommene

Kolben, von denen ein guter Theil an der Spitze männliche — wie das Folgende zeigt, unschädlich bleibende — Blüthen trug. Die Grösse der Körner und das Verhältniss zwischen dem mehligen und dem hornigen Theil des Endosperms (Textfig. 18) waren sicher unverändert geblieben, die Farbe dagegen mehr oder weniger gelb geworden, von hellcitrongelb bis gelborange, doch fehlten Körner von dem tiefen Orange der reinen *R. nana* so gut, wie ganz rein „weisse" Körner. Die Gesammtfarbe der Kolben war deutlich heller als bei den Kolben der umgekehrten, gleich zu besprechenden Verbindung (Vers. 47), weil die Zahl der ausgesprochen hellgelben Körner grösser war. Als Ausnahme wurde beobachtet, dass einzelne ziemlich stark gelbe Körner einen scharf abgegrenzten, weissen Fleck und einzelne weisse einen scharf abgegrenzten gelben Fleck aufwiesen (Fig. 32—34, Taf. I); sonst nahm die Farbe, wie gewöhnlich, ganz allmählich von der Basis zur Spitze hin erst zu, dann ab.

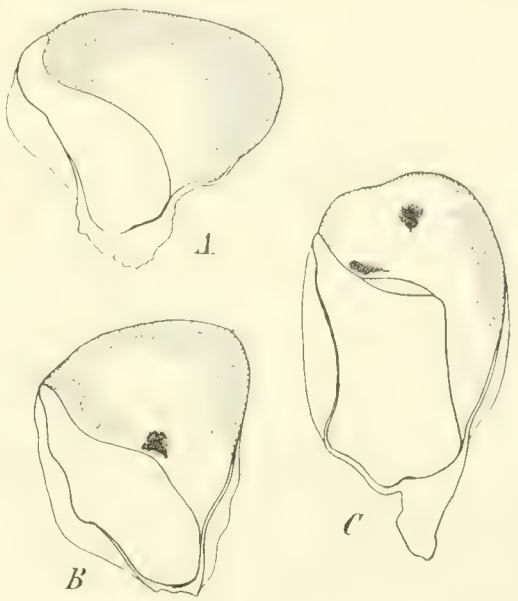


Fig. 18. Xenienkörner; *R. alba*, bestäubt mit der *R. nana* (Vers. 46).

Sagittalschnitte durch drei Körner von verschiedenen Pflanzen, eines, *A*, reif, zwei, *B*, *C*, unreif. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.)

Von 6, verschiedenen Pflanzen angehörigen Kolben wurden je eine Anzahl Körner gewogen; 20 lockerstehende des ersten wogen durchschnittlich je 404,4 mgr; 19 dichtstehende des zweiten durchschnittlich 400 mgr, und zwar 9 hellere Körner je 407, 10 dunklere je 394 mgr; 12 sehr locker stehende des dritten im Mittel je 387 mgr; 12 dichtstehende des vierten je 374 mgr; 20 lockerstehende des fünften 341 mgr; 20 dichtstehende des sechsten 264 mgr und zwar die 10 helleren 250 mgr, die 10 dunkleren 278 mgr. Das Maximum war 407 mgr, das Minimum 250 mgr. Da das Gewicht bei der reinen, der Selbstbestäubung überlassenen *R. alba* derselben Abstammung zwischen 436 mgr und 203 mgr schwankte, sind die Xenienkörner nicht leichter.

Von 2 Proben wurden je 19 und 12 Körner eingeweicht, vor Beginn der Keimung zerlegt und die Bestandtheile getrennt bei 100° getrocknet und gewogen. Das mittlere Gewicht einer Fruchtschale betrug 17,3 und 20,8 mgr, das eines Endosperms 266 und 272 mgr, das eines Embryo 31 und 35 mgr. Setzt man das Gewicht von Endosperm und Embryo zu 100 an, so macht das erstere 89,6 und 88,6 Gewichtstheile, der letztere 10.4 und 11,4 Gewichtstheile aus. Versuche mit den im selben Jahr gebauten reinen Rassen hatten für *R. alba* ergeben 89,3 : 10,7, für *R. nana* 88 : 12.

Flächenschnitte des Endosperms zeigten in der Grösse der Kleberzellen keine Differenzen gegenüber der *R. alba*, die *R. nana* zeigt hierin aber auch keine constanten Unterschiede. Dagegen zeigen Schnitte, normal zur Oberfläche, dass die Kleberzellen nicht niedriger sind als bei der *R. alba*, während die *R. nana* ja wesentlich niedrigere besitzt. (Die Höhe betrug z. B. im Mittel 56—60 μ. das Minimum 40 μ, das Maximum 80 μ, letzteres war aber ein Ausnahmsfall.)

Bei einem Versuch mit zwei Proben verschiedener Herkunft war die Keimung nach 2 × 24 Stunden noch nicht eingetreten, so wenig wie bei reiner *R. alba* derselben Provenienz.

Fig. 29—35, Taf. I; Fig. 2, Taf. II; Textfig. 18.

Vers. 47. *R. nana*, bestäubt mit der *R. alba*.

Von 6 Pflanzen erhielt ich je einen Kolben, fast lauter gut entwickelte. Die Grösse der Körner (und der Kolben) (Fig. 3, Taf. II) war durchaus unverändert, ihre Farbe schwankte zwischen dem Orange der reinen *R. nana* und einem reinen Gelb (Fig. 43, Taf. I); die Gesammtfarbe der Kolben ist deshalb wesentlich heller als bei jener, etwa wie bei der *R. vulgata* oder noch etwas heller. Durchschnitten zeigen die Körner meist den mehligen Theil des Endosperms dem hornigen gegenüber etwas mehr im Vortheil als bei reiner *R. nana* (Textfig. 19).

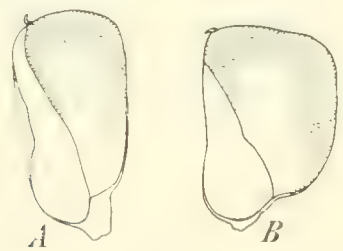


Fig. 19. Xenienkörner; *R. nana* bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 47).

Sagittalschnitte durch zwei Körner von verschiedenen Pflanzen. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$) Vergl. Textfig. 11.

Wägungen wurden mit den Körnern von drei Kolben angestellt, die verschiedenen Pflanzen angehörten. 20 des ersten wogen durchschnittlich je 89 mgr, 20 des zweiten je 80,5 mgr und zwar die 10 helleren je 77,9, die 10 dunkleren je 82,9 mgr; 20 des dritten je 74,05 mgr und zwar die 10 helleren je 74,6, die 10 dunkleren je 73,5 mgr. Das Maximum war also 89 mgr, das Minimum 73,5 mgr. Diese Werthe liegen durchaus innert der Grenzen, die dasselbe, der Selbstbestäubung überlassene Saatgut der *R. nana* zeigte (120 mgr im Max., 60,5 mgr im Min.).

Zwei Proben von je 20 Körnern wurden eingequellt und ganz bei Beginn der Keimung zerlegt, die Bestandtheile getrennt bei 100° getrocknet und gewogen. Das mittlere Gewicht einer Fruchtschale war 3,7 und 2,6 mgr, das eines Endosperms 66,4 und 60,3 mgr, das eines Embryo 7,7 und 7,1 mgr. Das Gewicht von Endosperm und Embryo zu 100 gesetzt, machte jenes 89,6 und 88,3 Gewichtstheile, dieses 10,4 und 11,7 Gewichtstheile aus. Versuche mit den im nämlichen Jahr gebauten reinen Rassen hatten für die *R. alba* ergeben 89,3 : 10,7, für die *R. nana* 88 : 12.

In der Flächenansicht sind die Kleberzellen nicht kleiner als bei der *R. nana*, die freilich sich hierin nicht sicher von der *R. alba* unterscheiden lässt. Dagegen sind sie auch durchaus nicht höher als bei der *R. nana*, wie Schnitte normal zur Oberfläche des Endosperms lehren, die Bestäubung mit der *R. alba* ist hierin ohne Einfluss geblieben. (So waren z. B. an einem Korn die Kleberzellen im Mittel 32—36 μ hoch, das Minimum betrug 28 μ, das Maximum 40 μ).

Bei einem Versuch mit zwei Proben verschiedener Herkunft waren nach 2 × 24 Stunden eben die ersten Keimungsstadien zu beobachten, wie bei der reinen *R. nana*.

Fig. 43, Taf. I; Fig. 3, Taf. II; Textfig. 19.

Nachstehende kleine Tabellen bringen das Ergebniss von Versuch 46 und 47 für das absolute und relative Gewicht des Embryo nach der Bastardbestäubung.

Tabelle 9A.

Trockengewicht des Embryo in mgr.

Rasse *A*.	♀ *A* + ♂ *B*	♀ *B* + ♂ *A*	Rasse *B*.
alba.	Xenie.	Xenie.	*nana*.
a) 42,4; 32,3; 42,5	a) 30,9.	a) —	a) 15,6; 5,3.
b) 34,2	b) 31,0; 34,0.	b) 7,7; 7,1.	b) 8.

Tabelle 9B.

Trockengewicht des Embryo, wenn das von Embryo und Endosperm zusammen gleich 100 gesetzt wird.

Rasse *A.*	♀ *A* + ♂ *B.*	♀ *B* + ♂ *A.*	Rasse *B.*
alba.	Xenie.	Xenie.	*nana.*
a) 13,2; 13,1; 13,4.	a) 11,1.	a) —	a) 10,8; 10,5.
b) 10,7.	b) 10,4; 11,4.	b) 10,4; 11,7.	b) 12,0.

Danach ist sicher, dass in beiden Verbindungen 1) das absolute Gewicht (und damit das Volum) des Embryo nicht wesentlich durch die Bastardbestäubung verändert wird, der Embryo vielmehr stets das für die Mutter charakteristische Gewicht besitzt, 2) das relative Gewicht des Embryo durch die Bastardbestäubung etwas, zu Gunsten eines mittleren Gewichtes, verschoben wird.

δ. Die Färbung der Fruchtschale und des Endosperms ist verschieden.

Vers. 48. ***R. rubra,*** bestäubt mit der ***R. nana.***

Ich erhielt von einer Pflanze 1 kleine Kolben, von denen einer ziemlich vollkommen entwickelt war, während die übrigen sehr mangelhaft waren. Die Körner waren äusserlich von denen der reinen *R. rubra* gar nicht zu unterscheiden, vor allem nicht kleiner, beim Anschneiden zeigte sich aber, dass das Endosperm gelb war. Das war bei allen daraufhin untersuchten Körnern der Fall, doch wurde nie das intensive Gelb der reinen *R. nana* oder *vulgata* erreicht. 15 gedrängtstehende Körner des vollkommensten Kolbens wogen durchschnittlich je 361 mgr.

Fig. 41, Taf. I.

ε. Die Grösse der Körner und die chemische Beschaffenheit des Reservematerials sind verschieden.

Fehlt. Vergl. aber Vers. 66, 67, 70, 71.

ζ. Die Farbe der Körner und die Beschaffenheit des Endosperms sind verschieden.

α. Die chemische Beschaffenheit des Reservematerials im Endosperm ist verschieden.

1. Die Fruchtschale ist verschieden gefärbt.

Vers. 49. ***R. dulcis,*** bestäubt mit der ***R. rubra.***

Ich erhielt von einer Pflanze 2 Kolben, die beide unvollkommen ausgebildet waren, vor allem der eine. Die Körner sind alle gross, glatt oder etwas gerunzelt (Textfig. 20), weisslich, aber von den Körnern der reinen *R. alba* oder denen, die bei der Bestäubung dieser mit der *R. rubra* entstehen, doch noch deutlich verschieden. Der Farbenton ist nämlich mehr bräunlich, sie glänzen auch nicht und sehen mehr opac aus. Das hängt aber zum Theil sicher von der Beschaffenheit der Fruchtschale ab, ob ganz, wage ich nicht zu entscheiden; jedenfalls sind microscopisch in der Stärkemenge keine nennenswerthen Differenzen gegenüber den *R. rubra* und *alba* nachzuweisen.

Fig. 49, 50, Taf. I; Textfig. 20.

Vers. 50. ***R. rubra,*** bestäubt mit der ***R. dulcis.***

Der Versuch wurde zweimal angestellt. 2 Pflanzen gaben 4 Kolben, darunter einen fast vollkommenen; die Körner unterschieden sich in nichts, auch nicht im Gehalt an Stärke, soweit das mit dem Microscop festzustellen war, von typischen *rubra*-Körnern. Vor allem war die Färbung der Fruchtschale nicht im geringsten verändert.

2. Die Kleberschicht ist verschieden gefärbt.

Vers. 51. ***R. cyanea,*** bestäubt mit der ***R. dulcis.***

Der Versuch wurde zweimal angestellt. 5 Pflanzen gaben 8 Kolben, die zum Theil vollkommen entwickelt waren. 3, von 3 Pflanzen, trugen nur typische *cyanea*-Körner, bei den übrigen 5, von 2 Pflanzen, war etwa die Hälfte der Körner weiss, die Hälfte blau, Übergänge fehlten. In einem speciellen Fall trug ein kleiner Kolben 46 weisse und 42 blaue Körner. Die drei ersten Pflanzen waren reine *cyanea*-Rasse, die zwei letzten Bastarde, wohl mit der *R. alba*, deshalb wurde gleich die Hälfte der Körner durch die Bestäubung mit dem Pollen der *R. dulcis*, die sich hierin wie die *R. alba* verhält, weiss.

Fig. 20. Xenienkörner; *R. dulcis*, bestäubt mit der *R. rubra* (Vers. 49).

Sagittalschnitte durch zwei Körner von verschiedenen Pflanzen, beide locker stehend. Der mehlige Theil des Endosperms, mit grosser Lufthöhle, ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.) Vergl. Textfig. 5.

Vers. 52. ***R. dulcis,*** bestäubt mit der ***R. cyanea.***

Ich erhielt nur einen Kolben, dessen wenige Körner alle fast oder völlig glatt und mehr oder weniger blau gefleckt waren; etwa die Hälfte war stark blau, keines rein weiss, keines so rein und so tief blau wie bei der *R. cyanea*. Die Nuance ist ganz ähnlich, weil auch die *dulcis*-Fruchtschale, wie die *cyanea*-Fruchtschale, nicht sehr durchsichtig ist. Der Stärkegehalt des Endosperms entsprach, soweit das microscopisch festgestellt werden konnte, dem der *R. cyanea*, genau wie bei vorigem Versuch.

Fig. 86, Taf. I.

Vers. 53. ***R. alba,*** bestäubt mit der ***R. coeruleodulcis.***

5 Pflanzen gaben 9 Kolben, darunter nur zwei mässig gut entwickelte. Sie sahen ganz wie die Kolben der mit der *R. cyanea* bestäubten *alba*-Individuen (Vers. 7) aus; auch hier gab es auffällig viel helle Körner, darunter solche mit einem eben noch erkennbaren violetten Hauch. Ganz violette Körner waren selten. Ebenso war ein guter Theil der Kolben androgyn, doch hatte das, wie Versuch 46 lehrte, so wenig einen schädlichen Einfluss, wie bei Versuch 7. — Ich habe Zählungen an allen 9 Kolben ausgeführt, die Ergebnisse sind in der nebenstehenden Tabelle 10 zusammengestellt.

Ernstlich in Betracht können nur die Zahlen für Pflanze II., III. und V. kommen, und hier stimmen sie gut mit denen von Versuch 7 (*R. alba*, bestäubt mit der *R. cyanea*) überein. — Sind viele Körner mehr oder weniger blau, so sind von diesen nicht nur absolut, sondern auch relativ mehr Körner stark blau, als wenn nur wenige mehr oder weniger blau sind; die relative Zahl der schwach veränderten Körner bei den einzelnen Kolben ist keinen grossen Schwankungen unterworfen.

Das Verhältniss zwischen dem mehligen und hornigen Theil des Endosperms ist nicht wesentlich geändert.

Textfig. 21.

Vers. 54. ***R. coeruleodulcis,*** bestäubt mit der ***R. alba.***

Ich erhielt nur einige ganz mangelhafte Kolben; die paar Körner waren blau und glatt, das Endosperm des untersuchten Kornes stärkeführend, wie bei der *R. alba*.

Tabelle 10.

Nummer der Kolben.	I.	II a.	II, a, b.	III a.	III b.	III a, b.	IV.	V a, b.
weiss	—	5	6	11	17	28	3	19
etwas blau	2	24	26	15	15	30	2	20
mittel	—	7	8	9	4	13	—	—
stark blau	—	13	18	6	11	17	2	—
ganz blau	—	4	5	5	3	8	—	—
weiss	0%		9,5%			29,2%	43%	48,7%
etwas blau	100%		41,2%			31,5%	28,6%	51,3%
stark und ganz blau	0%		36,5%			26%	28,6%	0%

3. Das Endosperm ist verschieden gefärbt.

Vers. 55. ***R. dulcis,*** bestäubt mit der ***R. vulgata.***

Der Versuch wurde zweimal, einmal mit 3, einmal mit 2 Pflanzen gemacht. Ich erhielt 8 unvollkommene Kolben, deren grosse Körner sämmtlich glatt oder fast glatt und gelb waren, aber etwas heller als die reine *R. vulgata.* Das Endosperm führte Stärke, wie bei dieser Rasse. Die Körner unterschieden sich von denen des Versuches 11 (*alba* ♀ + *vulgata* ♂) durch denselben bräunlichen Hauch, der auch die Xenienkörner (*dulcis* ♀ + *alba* ♂) von den Körnern der reinen *R. alba* unterschied.

4 Körner (von 2 Kolben) wogen durchschnittlich je 396,3 mgr. Sie wurden eingequellt, zu Beginn der Keimung zerlegt und die Bestandtheile getrennt bei 100° getrocknet und gewogen. Das mittlere Trockengewicht eines Kornes war 348,3 mgr, davon kam auf die Fruchtschale 18,5 mgr, auf das Endosperm 296 mgr und auf den Embryo 33,8 mgr. Das Gewicht von Endosperm und Embryo zu 100 angesetzt, wog jenes 89,7, dieser 10,3.

Fig. 51, Taf. I.

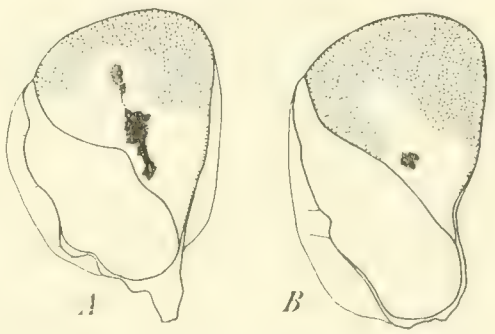


Fig. 21. Xenienkörner; *R. alba*, bestäubt mit der *R. coerulcodulcis* (Vers. 53).

Sagittalschnitte durch zwei Körner, das eine, *B*, war tiefblau gefärbt, das andere, *A*, in der Farbe fast unverändert geblieben. Der mehlige Theil des Endosperms, mit Lufthöhlen, ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{15}/_{10}$.)

Vers. 56. ***R. vulgata,*** bestäubt mit der ***R. dulcis.***

Der Versuch wurde zweimal, einmal mit 2, einmal mit 3 Pflanzen ausgeführt. Die 12 Kolben, mangelhaft bis fast vollkommen ausgebildet, trugen nur Körner, die, so weit sie wirklich reif waren, von reinen *vulgata*-Körnern kaum zu unterscheiden waren, die Kolben folglich auch kaum von *vulgata*-Kolben. Zwei nicht ganz reife Kolben trugen hellere Körner, wie das auch bei nicht ganz reifen Kolben reiner *R. vulgata* der Fall ist.

10 Körner wogen durchschnittlich je 357,7 mgr. Sie wurden eingequellt, zu Beginn der Keimung zerlegt und die Bestandtheile bei 100° getrocknet und gewogen. Das mittlere Trockengewicht

eines Kornes war 315,4 mgr, wovon auf die Fruchtschale 14,9 mgr, auf das Endosperm 261,1 mgr und auf den Embryo 39,4 mgr kamen. Das Gewicht dieser beiden letzten zu 100 angesetzt, machte das Endosperm 86,9, der Keim 13,1 Gewichtstheile aus.

Vers. 57. *R. gilva,* bestäubt mit der *R. dulcis.*

Ein unvollkommener Kolben trug fast lauter hellgelbe Körner, die durchschnittlich heller waren als die reinen *gilva*-Körner. Ein einziges, tiefgelbes Korn war zweifellos durch ein angeflogenes Pollenkorn von einer der Rassen *vulgata, nana* oder *Philippi* entstanden.

4. Die Färbung ist bei Fruchtschale und Kleberschicht verschieden.

Vers. 58. *R. coeruleodulcis,* bestäubt mit der *R. rubra.*

4 Kolben, von einer Pflanze, waren alle unvollkommen entwickelt, die reifen Körner sämmtlich glatt oder fast völlig glatt, in der Farbe genau der *R. coeruleodulcis* entsprechend, also dunkelblau, das Endosperm stärkeführend, genau wie bei der *R. rubra* (nur weniger tief hinein hornig), der Bau der Kleberschicht wie bei der *R. coeruleodulcis.* So waren die Kleberzellen auf der Kuppe eines Kornes zwischen 64 und 94 μ lang und im Mittel 20 bis 21 μ breit. — 6 isolirt stehende, reife Körner wogen durchschnittlich je 379 mgr.

Fig. 62, Taf. I.

5. Die Färbung ist bei dem Endosperm und der Kleberschicht verschieden.

Vers. 59. *R. coeruleodulcis,* bestäubt mit der *R. vulgata.*

Von 2 Pflanzen erhielt ich 5 nicht vollkommene bis mangelhaft entwickelte Kolben; die Körner waren sämmtlich glatt oder, bei einer Pflanze, etwas gerunzelt, genau wie beim Pferdezahnmais, die Farbe entsprach stets genau der *R. coeruleodulcis*, nur ein Korn war deutlich etwas heller gestreift. Beim Anschneiden der Körner merkte man aber, dass das — stärkeführende — Endosperm mehr oder weniger tief gelb gefärbt war. Die Aehnlichkeit mit den Pferdezahnmais-Körnern, die sich bei den Körnern der einen Pflanze zeigte (Textfig. 22 *A*; Taf. II, Fig. 11), beruhte auf denselben Ursachen wie bei jenen (vergl. p. 41), es ist völlig ausgeschlossen, dass sie die Folge einer Bastardirung mit Pferdezahnmais war. Die lang- (radial-) gestreckte Form der Kleberzellen war im Wesentlichen unverändert. Untersucht wurden 2 Körner, beim einen waren die Zellen, bei drei Schnitten (gemessen auf der Höhe des Kornes, wie bei den folgenden Messungen), 64—72 μ, 60—72 μ, ja gar bis 92 μ lang, bei einer Breite von 20—24 μ; beim andern bis 56 μ hoch und sehr schmal, durchschnittlich nur 13 μ breit.

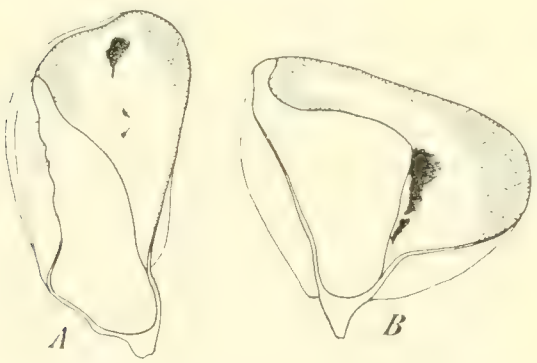


Fig. 22. Xenienkörner; *R. coeruleodulcis*, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 59).

Sagittalschnitte durch zwei Körner von verschiedenen Kolben, das eine (*A*) geschlossen, das andere (*B*) isolirt stehend. Der mehlige Theil des Endosperms, mit luftführenden Höhlen, ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$) Vgl. Textfig. 4.

10 Körner vom einen und 5 vom andern Kolben desselben Individuum wurden gewogen, das mittlere Gewicht eines Kornes war je 311,5 mgr und je 404,4 mgr. Das durchschnittliche Trockengewicht war 275,4 mgr und 354,3 mgr; davon machte die Fruchtschale 16,2 mgr und 21,6 mgr, das

Endosperm 233,3 mgr und 300,9 mgr, der Embryo 25,9 mgr und 31,8 mgr aus. Endosperm und Embryo zusammen gleich 100 gesetzt, machte das Endosperm 90,38 und 90,44, der Embryo 9,62 und 9,56 aus. Auch hier ist also das Verhältniss, trotz der starken Differenz im Gesammtgewicht, das gleiche.

Fig. 87, 88, Taf. I; Fig. 11, Taf. II; Textfig. 22.

Vers. 60. ***R. vulgata,*** bestäubt mit der ***R. coeruleodulcis.***

Ich erhielt von 2 Pflanzen 5 Kolben, von denen wenigstens einer fast vollkommen entwickelt war, aber, wie die andern, durch Mäusefrass gelitten hat. Der Stärkegehalt des Endosperms entsprach, soweit das die microscopische Untersuchung lehren kann, ganz dem der reinen *vulgata*-Körner, dagegen war die Kleberschicht fast jedes Kornes mehr oder weniger blau gefärbt; die Abstufungen bestanden theils in schwächerer Intensität der Färbung, theils in Sprenkelung, homogen und dunkel blaue Körner waren so selten wie ganz unveränderte gelbe; oft war nur ein Punkt bei blauen Körnern heller oder, bei gelben, blau. Die Intensität des Gelben entsprach (fast) genau dem der reinen *R. vulgata*, sowohl bei den in der Kleberschicht stark als bei den schwach modificirten Körnern.

Den Grad der Blaufärbung der Körner habe ich für die 5 Kolben festgestellt, so gut es gehen wollte.

Tabelle 11.

Nummer des Kolbens.	I, 1.	I, 2.	I, 3.	I, 1-3.	II, 1.	II, 2.	II, 1, 2.	I, II.	
rein gelb	—	—	—	—	2	1	3	3	1,3%
etwas blau	17	12	4	33	45	9	54	87	36,5%
mittel	33	3	4	40	23	6	29	69	29,0%
stark blau	51	2	3	56	17	6	23	79	33,2%
ganz blau	—	—	—	—	—	—	—	—	

10 Körner vom Kolben 1 der Pflanze I wogen durchschnittlich je 378,3 mgr. Sie wurden eingequellt, bei Beginn der Keimung zerlegt und die Bestandtheile getrennt bei 100° getrocknet und gewogen. Das durchschnittliche Trockengewicht eines Kornes war 336.2 mgr, davon kam auf die Fruchtschale 16,5 mgr, auf das Endosperm 285,2 mgr, auf den Embryo 34,5 mgr. Das Gewicht dieser beiden letzten zu 100 angesetzt, kam auf das Endosperm 89,25 und auf den Embryo 10,75.

5 Körner von dem Kolben 2 derselben Pflanze wogen durchschnittlich je 430 mgr; das Trockengewicht betrug je 382.9 mgr, wovon die Fruchtschale 18,4 mgr, das Endosperm 326.2 und der Embryo 38,3 mgr ausmachte. Das Gewicht von Endosperm und Embryo zu 100 angesetzt, beträgt das des Endosperms 89,5, das des Embryo 10.5; das Verhältniss beider ist also fast genau das gleiche wie oben.

Der Versuch wurde 1900 wiederholt; ich erhielt von einer Pflanze einen ziemlich schlecht besetzten Kolben, dessen Körner ganz den eben beschriebenen entsprachen. Von den 76 Körnern waren:

Rein gelb 3 = 3,9%, etwas blau 19 = 25,0%, mittel 18 = 23,7% und stark blau 36 = 47,4%; keines war homogen und tief blau.

Einzelne gelbe Körner wiesen gerade noch erkennbare Spuren von Blau auf. Die gelbe Grundfarbe war wohl eine Spur heller als bei reiner *vulgata*. Fig. 81—83, Taf. I. stellen einzelne der

Xenienkörner dar. — Die Kleberzellen waren unverändert geblieben, nicht (radial) gestreckter, in einem bestimmten Fall waren sie, auf der Höhe des Kornes, sogar nur 36 μ hoch, bei einer mittleren Breite von 22 μ.

Fig. 81—83, Taf. I.

Textfig. 23, 2, 3 stellt graphisch das Verhalten des Blau dem Gelb gegenüber für Versuch 59

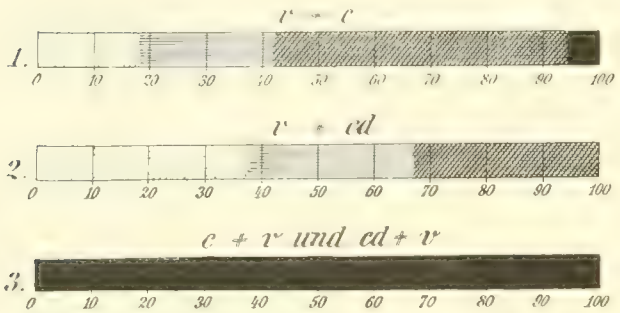


Fig. 23. Xenienkolben der Abstammung *cyanea* und *coeruleodulcis* einerseits, *vulgata* andererseits.

Graphische Darstellung der Procentzahlen, in denen die ganz blauen (schwarz), stark blauen (doppelt schraffirt), mittleren (einfach schraffirt), etwas blauen (punktirt) und rein gelben (weiss gelassen) Körner vorhanden sind bei 1: ♀ *vulgata* ♂ *cyanea* (Vers. 28), 2: ♀ *vulgata* ♂ *coeruleodulcis* (Vers. 60) und 3: ♀ *cyanea* und *coeruleodulcis* ♂ *vulgata* (Vers. 27 und 59).

Fig. 24. Xenienkorn; *R. leucodon*, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 62).

Sagittalschnitt. Der mehlige Theil des Endosperms (mit Lufthöhle) ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.) Vergl. Textfig. 10.

und 60 dar; zum Vergleich ist auch das von Versuch 27 und 28 dazu genommen worden (1, 3), wo das Blau von einer andern Rasse geliefert wurde. Eine nähere Erläuterung giebt die Figurenerklärung.

Vers. 61. *R. gilva*, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis*.

Ich erhielt bloss einen Kolben, der nur auf einer Seite fast vollständig war. Die 73 Körner waren alle bis auf eines mehr oder weniger stark blau gefleckt und zwar 22 etwas blau, 21 mittel und 29 stark blau; ganz blau war kein einziges Korn. Ausserdem war die Gelbfärbung des Endosperms merklich blasser als bei der reinen *R. gilva*, aber bei allen Körnern annähernd gleich, bei den besonders stark blauen Körnern nicht merklich heller. Fig. 85, Taf. I. stellt ein Xenienkorn dieser Abstammung dar.

1900 wurde der Versuch wiederholt, ich erhielt von einer Pflanze nur ein einziges, auffallend blasses, dicht, aber fein violett gesprenkeltes Korn.

Fig. 85, Taf. I.

3. Die physikalische Beschaffenheit des Endosperms ist verschieden

1. Die Fruchtschale ist verschieden gefärbt.

Fehlt.

2. Die Kleberschicht ist verschieden gefärbt

Fehlt.

3. Das Endosperm ist verschieden gefärbt.

Vers. 62. ***R. leucodon,*** bestäubt mit der ***R. vulgata.***

Ich erhielt von 3 Pflanzen je einen Kolben; zwei davon waren mässig gut entwickelt, der dritte war nicht ganz reif geworden. Bei allen hatte wenigstens die Hälfte der Körner die Form des Pferdezahnmaises, der Rest der Körner war rund und glatt und alle waren gelb, heller gelb als die reine *R. vulgata*, die einzelnen Körner von verschiedener Intensität; die dunkleren und die helleren konnten die Zahnform zeigen oder rund sein, beide Merkmale standen also nicht in Correlation. Die Längsschnitte zeigten das Verhältniss des mehligen Theiles des Endosperms zum hornigen im Wesentlichen unverändert; vielleicht kommt eine geringe Verschiebung zu Gunsten des hornigen vor (Textfig. 24).

Fig. 36, 37, T. I; Textfig. 24.

Vers. 63. ***R. vulgata,*** bestäubt mit der ***R. leucodon.***

Ich erhielt von 2 Pflanzen nur zwei sehr kleine Kolben; der eine trug 2, der andere 37 Körner. Alle besassen die unveränderte Form der reinen *R. vulgata*, sie waren gelb, aber merklich heller als diese, etwa wie die mit der *R. alba* bestäubte *R. vulgata* sie hervorbringt. Längsschnitte durch verschiedene Körner zeigten keine entschiedene Aenderung in der Dicke der hornigen Schicht des Endosperms. — 2 Pflanzen hatten nicht ein Korn gebracht.

C. Rassen, deren Früchte sich in drei wirklich oder scheinbar einheitlichen Merkmalen unterscheiden.

a. Die Form, Grösse und Farbe der Körner sind verschieden.

Vers. 64. ***R. acuminata,*** bestäubt mit der ***R. alba.***

Ich erhielt von 6 Pflanzen 8 Kolben, fast lauter annähernd vollkommen ausgebildete. Die Körner waren sehr verschieden gross, bei jeder Pflanze aber annähernd gleich; die der *R. acuminata* eigene Form blieb ganz unverändert (Textfig. 25; Fig. 46, 47, Taf. I.). Die Gesammtfarbe der Kolben war wesentlich heller als bei der reinen *R. acuminata*. Das beruhte auf dem Auftreten hellerer Körner; ihre Zahl schwankte bei den verschiedenen Kolben etwas und in Folge dessen auch die Gesammtfarbe.

Von zwei, verschiedenen Pflanzen angehörigen Kolben wurde eine Anzahl Körner gewogen. 20 Körner des einen wogen durchschnittlich je 217,3 mgr, und zwar 10 hellere im Mittel je 215,2 mgr; 16 Körner des andern dagegen 299 mgr, und 6 hellere im Mittel je 305 mgr.

Fig. 46, 47, Taf. I.; Textfig. 25.

Fig. 25. Xenienkorn; *R. acuminata*, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 64.)
Sagittalschnitt. Der mehlige Theil des Endosperms, mit Lufthöhle, ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.) Vergl. Textfig. 1.

Vers. 65. ***R. alba,*** bestäubt mit der ***R. acuminata.***

Von 5 Pflanzen erhielt ich 10 Kolben, darunter nur einen ganz vollkommenen. Grösse und Gestalt der Körner blieb völlig unverändert; die völlig reifen Kolben zeigten lauter auffällig gelbe Körner, mit deutlichen Unterschieden in der Intensität, selbst die dunkelsten erreichten jedoch typische *acuminata*- oder *vulgata*-Körner nicht. Wenn man die

ganzen Kolben verglich, war der Unterschied noch auffälliger. 10 Körner eines Kolbens wogen durchschnittlich je 483 mgr (5 davon, beliebig herausgegriffen, je 484 mgr).

b. Die Form und die Grösse der Körner und die chemische Beschaffenheit des Reservematerials sind verschieden.

Fehlt.

c. Die Form und die Farbe der Körner und die chemische Beschaffenheit des Reservematerials sind verschieden.

Fehlt.

d. Die Grösse und die Farbe der Körner und die chemische Beschaffenheit des Reservematerials sind verschieden.

Vers. 66. ***R. nana,*** bestäubt mit der ***R. coeruleodulcis.***

Der Versuch fiel nicht ganz rein aus, weil eine der 3 *nana*-Pflanzen zu spät castrirt worden war. Immerhin traten bei drei von den 7 Kolben, die ich erhielt, die Folgen der Bastardbestäubung sofort bei einem Theil der Körner durch eine mehr oder weniger weit gehende Blaufärbung der Kleberzellen zu Tage, in derselben Weise, wie bei der *R. vulgata*; in der Grösse der Körner war keine Veränderung nachzuweisen, die des einen Kolbens waren überhaupt die kleinsten, die mir vorkamen, sie wogen (nach dem Durchschnitt von 10 Xenienkörnern) je 23,2 mgr.

Als 1900 der Versuch wiederholt wurde, bekam ich von 4 Pflanzen 6 kleine, locker besetzte oder mangelhafte Kolben. Die meisten Körner zeigten violette Flecken oder, besonders häufig, einen homogenen, violetten Hauch; das Gelb war etwas heller als bei der reinen *R. nana*. Die Grösse hatte nicht zugenommen. 20 Körner von einer Pflanze wogen im Durchschnitt nur je 28 mgr; die 10 grössten wurden herausgesucht, von ihnen wog eines im Mittel 35,2 mgr. 10 Körner von einer anderen Pflanze — es wurden nur ziemlich stark violett überlaufene ausgesucht — wogen im Durchschnitt nur je 37 mgr.

Da die *R. coeruleodulcis* unter allen untersuchten Rassen die höchsten, die *R. nana* die niedrigsten Kleberzellen besitzt, war es wünschenswerth, die Xenienkörner daraufhin zu untersuchen. Die Zellen verhielten sich ganz so, wie bei der reinen *R. nana*, und waren etwa 40—48 μ hoch, ausnahmsweise bis 52 μ, und 18—25 μ breit, meist etwa 23 μ.

Fig. 90, 91, Taf. 1.

D. Rassen, deren Früchte sich in vier wirklich oder scheinbar einheitlichen Merkmalen unterscheiden,

in der Form, der Grösse und der Farbe der Körner und in der Beschaffenheit des Reservematerials.

Vers. 67. ***R. acuminata,*** bestäubt mit der ***R. coeruleodulcis.***

Diese Verbindung entstand zufällig durch anfliegenden Pollen — die *R. cyanea* wurde in jenem Jahr gar nicht cultivirt — gelegentlich des Vers. 37; die paar Körner wurden ziemlich stark blau, ohne dass ihre Form und Grösse irgendwie oder die Farbe des Endosperms merklich geändert worden wäre.

Fig. 80, Taf. 1.

Vers. 68. ***R. leucoceras,*** bestäubt mit der ***R. vulgata.***

Ich erhielt nur von einer Pflanze einen schlecht entwickelten Kolben. Die Körner waren nach Form und Grösse unverändert, aber alle, bis auf eines oder zwei, mehr oder weniger gelb geworden, vom eben merklichen gelblichen Anflug bis zum vollen (?) Gelborange der reinen *R. vulgata*.

Des Weiteren zeigten die der Länge nach gespaltenen Körner, dass sich auch das Verhältniss zwischen dem mehligen und dem hornigen Theil des Endosperms zu Gunsten des mehligen verschoben hatte (Textfig. 26). Das trat bei näherem Zusehen gewöhnlich schon am unverletzten Korn an einem helleren — beim gegen das Licht gehaltenen Korn dunkleren — Streifen hervor, der in den Schnabel auslief, viel auffälliger, als es bei reinen *leucoceras*-Körnern vorkommt.

Fig. 38, Taf. I.; Textfig. 26.

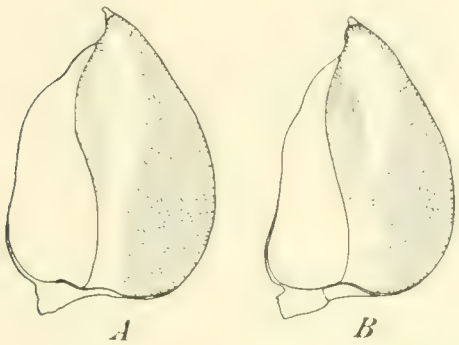


Fig. 26. Xenienkörner; *R. leucoceras*, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 68).

Sagittalschnitte durch zwei Körner von verschiedenen Pflanzen. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.) Vergl. Textfig. 8.

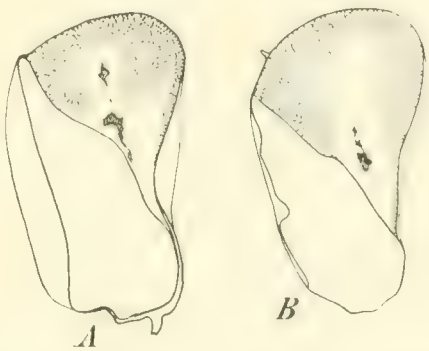


Fig. 27. Xenienkörner; *R. vulgata*, bestäubt mit der *R. leucoceras* (Vers. 69).

Sagittalschnitte durch zwei Körner von verschiedenen Pflanzen. Der mehlige Theil des Endosperms mit luftführenden Spalten ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{46}/_{10}$.) Vergl. Textfig. 6.

Vers. 69. *R. vulgata,* bestäubt mit der *R. leucoceras.*

Ich erhielt von 6 Pflanzen je einen Kolben. Alle waren sehr gut entwickelt, einige ganz vollkommen und nur durch die mehr oder weniger hellere Färbung von Kolben der reinen *R. vulgata* zu unterscheiden; die Grösse und Form der Körner waren unverändert geblieben und die Längsschnitte, die ich ausführte, zeigten, dass das auch im Wesentlichen für das Verhältniss des mehligen Theiles des Endosperms zu dem hornigen Theile galt (Textfig. 27). In der Färbung verhielten sich nicht alle Kolben gleich. Einer war nur eben etwas heller als einer der reinen *R. vulgata.* Bei genauerem Zusehen bemerkte man einige wesentlich hellere Körner. Die übrigen Kolben waren ausgesprochen heller, und dementsprechend waren auch die helleren Körner häufiger und auffälliger, einer war ganz besonders hell (und dazu ganz reif).

Textfig. 27.

Vers. 70. *R. leucoceras,* bestäubt mit der *R. coeruleodulcis.*

Von 2 Pflanzen erhielt ich je einen Kolben. Die Körner des einen entsprachen ganz in der Grösse und Form typischen *leucoceras*-Körnern, sie waren gross und auffallend geschnäbelt, die Körner des anderen, fasciirten Kolbens waren kleiner, weniger lang geschnäbelt als gewöhnlich. Jene zeigten in ihrer Färbung alle möglichen Uebergänge von reiner *leucoceras*-Farbe bis zu der Farbe der *R. coeruleodulcis*, die unter der glattanliegenden, glänzenden, durchsichtigen Fruchtschale blauschwarz aussah. Gescheckte Körner waren nicht selten. Von den 18 vorhandenen waren weiss: 1, etwas blau: 5, mittel: 5, stark blau: 5, ganz blau: 2. Unter den Körnern des anderen Kolbens waren dunkler

blaue seltener. Die Längsdurchschnittenen zeigten genau dieselbe physikalische Beschaffenheit des Endosperms, wie *leucoceras*-Körner; auch die Jodreaction der Stärke war genau dieselbe.

Fig. 74, 75, Taf. I.; Textfig. 28.

Vers. 71. ***R. coeruleodulcis,*** bestäubt mit der ***R. leucoceras.***

5 Pflanzen brachten 5 grosse Kolben, darunter 3 gut entwickelte. Nach der Färbung liessen sie sich in 3 Gruppen bringen; das Endosperm der Körner dagegen war bei allen gleichmässig aus-

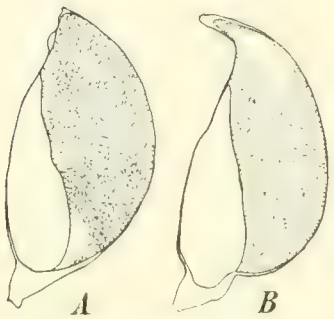


Fig. 28. Xenienkörner; *R. leucoceras*, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 70).

Sagittalschnitte durch zwei Körner von verschiedenen Pflanzen. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.) Vergl. Textfig. 8.

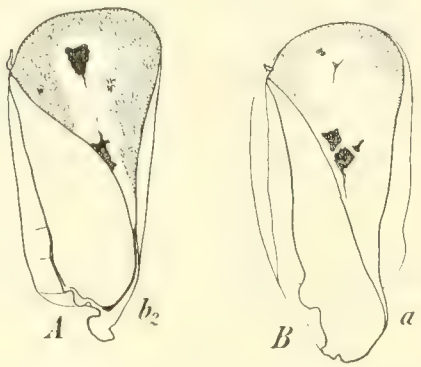


Fig. 29. Xenienkörner; *R. coeruleodulcis*, bestäubt mit der *R. leucoceras* (Vers. 71).

Sagittalschnitte durch zwei Körner von verschiedenen Pflanzen. Der mehlige Theil des Endosperms, mit luftführenden Höhlen, ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.) Vergl. Textfig. 4.

gebildet, und zwar wie bei der *R. alba* oder *vulgata*, z. Th. mehlig, z. Th. hornig (Textfig. 29). Die Form der Körner endlich und ihre Grösse waren unverändert und entsprachen genau denen von reifen, aber noch nicht geschrumpften Körnern der *R. coeruleodulcis.*

Die erste Gruppe wurde von zwei fast vollkommenen Kolben gebildet, deren Körner in allen Abstufungen von homogen blauviolett durch röthlich- oder grünlichblau bis weisslich gefärbt waren. Mittlere und ganz blasse Körner überwogen; deutliche Flecken oder Sprenkeln fehlten. Ein dunkles Korn war nicht ganz glatt geworden (Fig. 72, Taf. I.).

Die zweite Gruppe umfasste nur einen fast vollkommenen Kolben, der sich im wesentlichen ähnlich verhielt, wie die eben beschriebenen, vor allem auch als Ganzes sehr blass gefärbt war, aber eine Anzahl sehr ausgesprochen gefleckter Körner aufwies, Wahrscheinlich ist er nicht ganz reif geworden, man sieht bei den gefleckten Körnern oft deutlich, dass das Endosperm nur unter den dunklen Stellen hornig ist.

Die dritte Gruppe endlich umschloss zwei mangelhafte Kolben — der eine war nur in der untern Hälfte vollkommen, der andere sehr lückenhaft ausgebildet — mit ganz überwiegend grauvioletten Körnern, einzelne waren mehr grünlich-graublau, einzelne weisslich; die Gesammtfarbe war heller, als bei reiner *R. coeruleodulcis*, aber viel dunkler, als bei der ersten und zweiten Gruppe. Hier war auch der mehlige Theil des Endosperms gegenüber dem hornigen meist stärker entwickelt und die Körner hatten oft, in einer seichten Grube auf der Kuppe, etwas weniges vom Pferdezahnmais, wie bei Vers. 59.

Fig. 65—68, 70 auf Tafel I. stellen einige Körner der ersten Gruppe, Fig. 69, 71, 73 der-

selben Tafel einige der zweiten und Fig. 72 eines der dritten dar, Fig. 10 auf Taf. II. einen der beiden Kolben der ersten Gruppe.

Fig. 65—73, Taf. I.; Textfig. 29.

Vers. 72. ***R. alba,*** bestäubt mit der ***R. cyanornis.***

Ich erhielt nur von einer Pflanze einen kleinen, dicht besetzten, unreifen Kolben. Soviel war aber doch schon zu sehen, dass die Grösse und Gestalt der Körner unverändert geblieben war und dass die Mehrzahl der Körner hell blau bis violett-grau war. Ueber die Beschaffenheit des Endosperms liess sich noch nichts sagen.

II. Versuche, bei denen zweierlei Pollen zur Bestäubung verwendet wurde.

A. Versuche mit drei verschiedenen Rassen.

Auch bei diesen Versuchen wurden die drei Rassen durcheinander gepflanzt, aber nur die Individuen einer Rasse castrirt. Sie wurden zur Beantwortung einer bestimmten Frage angestellt (p. 94, Satz 9), die auch die Wahl der Rassen diktirte.

Vers. 73. ***R. alba,*** gleichzeitig bestäubt mit der ***R. cyanea*** und der ***R. vulgata.***

Ich erhielt von 8 Pflanzen je einen Kolben, darunter einige fast vollkommene. Die Mehrzahl der Körner waren ausgesprochene *vulgata*-Xenien, entsprechend Vers 11; die Minderzahl *cyanea*-Xenien, entsprechend Vers. 7. Kein Korn zeigte **gleichzeitig** eine mehr oder weniger blaue Kleberschicht und ein mehr oder weniger gelbes Endosperm, bei jedem kann nur ein Pollenkorn xenienbildend eingewirkt haben.

Vers. —. ***R. alba,*** gleichzeitig bestäubt mit der ***R. coeruleodulcis*** und der ***R. vulgata.***

Ich erhielt nur Kolben mit *vulgata*-Xenien.

Vers. 74. ***R. dulcis,*** gleichzeitig bestäubt mit der ***R. coeruleodulcis*** und der ***R. vulgata.***

Ich erhielt verschiedene Kolben, aber nur einen, der neben *coeruleodulcis*-Xenien (die ganz den in Vers. 9 geschilderten entsprachen), eine *vulgata*-Xenie aufwies (die ganz den in Vers. 55 beschriebenen entsprach). Sie zeigte keine Spur von einem Einfluss der *coeruleodulcis*-Rasse.

B. Versuche mit zwei verschiedenen Rassen.

Diese Versuche ergaben sich direkt durch die vorigen (73, 74).

Vers. —. ***R. cyanea,*** bestäubt mit der ***R. cyanea*** und der ***R. vulgata.***

Von 8 Pflanzen erhielt ich nur 2 mangelhafte Kolben, deren Körner nichts von einem Einfluss der *R. vulgata* aufwiesen.

Vers. 75. ***R. vulgata,*** bestäubt mit der ***R. vulgata*** und der ***R. cyanea.***

Ich erhielt von 6 Pflanzen je einen vollkommenen oder annähernd vollkommenen Kolben; davon waren 2 vollständig mit *vulgata*-Körnern bedeckt, bei den 4 andern zeigten je ein bis vier Körner mehr oder weniger starke und ausgedehnte, blaue Flecke. Bei diesen *cyanea*-Xenien war die gelbe Farbe des Endosperms nicht entschieden heller als bei den danebenstehenden, reinen *vulgata*-Körnern, bei denen ganz geringe Intensitätsschwankungen auch vorkamen.

Vers. 76. ***R. coeruleodulcis,*** bestäubt mit der ***R. coeruleodulcis*** und der ***R. vulgata.***

Von 3 Pflanzen erhielt ich 10 meist lückenhafte Kolben. Die Körner waren der Mehrzahl nach typische *coeruleodulcis*-Körner, einzelne aber zwar ebenfalls homogen und stark blau, aber glatt; angeschnitten zeigten sie ein gelbes Endosperm, waren also *vulgata*-Xenien.

Vers. 77. ***R. vulgata,*** bestäubt mit der ***R. coeruleodulcis*** und der ***R. vulgata.***

Von 11 Pflanzen erhielt ich 14 Kolben, die vielfach lückenhaft besetzt waren. Alle zeigten neben typischen *vulgata*-Körnern auch noch *coeruleodulcis*-Xenien, die ganz den bei Vers. 60 beschriebenen entsprachen; ihre Zahl schwankte zwischen 1,5 % und 47 %. Das Endosperm war bei den Xenien-Körnern in keinem Falle deutlich heller als bei den reinen *vulgata*-Körnern. An zwei Kolben habe ich Zählungen vorgenommen:

Tabelle 12.

Nummer des Kolbens.	I.		II.		I. u. II.	
rein gelb	47	—	224	—	271	—
mehr oder weniger blau	40	—	34	—	74	—
nämlich:						
mit etwas Blau	24	= 60%	7	= 21%	31	= 42%
mittel	12	= 30%	11	= 32%	23	= 31%
stark blau	4	= 10%	16	= 47%	20	= 27%
ganz blau	—	—	—	—	—	—

Während also bei beiden Kolben mittlere Färbungen annähernd gleich häufig waren, waren bei dem einen die schwach blau gefärbten, bei dem andern die stark blau gefärbten häufiger, ganz ähnlich, wie bei den Kolben der Individuen I. und II. des Vers. 60.

VII. Abschnitt.

Das Verhalten der einzelnen Merkmale einer Kategorie zu einander bei den Xenien

(im Jahre der Bastardbestäubung).

I. Die Form der Körner. — II. Die Grösse der Körner. — III. Die Farbe der Fruchtschale. — IV. Die Farbe des Endosperms. — V. Die Farbe der Kleberschicht. — VI. Die chemische Beschaffenheit des Reservematerials. — VII. Die physikalische Beschaffenheit des Endosperms. — VIII. Die Form der Kleberzellen. — IX. Das Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm. — Die Schnelligkeit des Keimens.

Wir haben gesehen, dass man sich die einzelnen Merkmale als das Gegebene vorstellen kann, und die Rassen durch die Kombination der Merkmale, von je einem aus jeder Kategorie, entstanden (p. 46).

Im Folgenden sind aus den eben beschriebenen Versuchen die Ergebnisse für die einzelnen

Merkmale zusammengestellt; dabei wird gleich untersucht, ob sie bei allen Rassen und allen Individuen gleich sind, ob also die Rassenzugehörigkeit und die Individualität ohne Einfluss bleiben.

I. Die Form der Körner.

1. Spitz + Rund.

1a. ♀ Spitz + ♂ Rund.

R. acuminata, bestäubt mit den *R. vulgata* (Vers. 37), *nana* (39), *alba* (64), *coeruleodulcis* (67): Die Form bleibt unverändert.

R. leucoceras, bestäubt mit den *R. vulgata* (Vers. 68), *coeruleodulcis* (70): Ebenso.

1b. ♀ Rund + ♂ Spitz.

R. alba, bestäubt mit den *R. leucoceras* (Vers. 41) und *acuminata* (65): Die Form bleibt unverändert.

R. coeruleodulcis und *leucodon*, bestäubt mit der *R. leucoceras* (Vers. 71 und 42): Ebenso.

R. nana, bestäubt mit den *R. acuminata* (Vers. 40): Ebenso.

R. vulgata, bestäubt mit der *R. acuminata* (Vers. 38) und *leucoceras* (69): Ebenso.

2. Spitzlich + Rund.

2a. ♀ Spitzlich + ♂ Rund. Fehlt.

2b. ♀ Rund + ♂ Spitzlich.

R. alba, bestäubt mit der *R. cyanornis* (Vers. 72): Die Form bleibt unverändert.

3. Spitzlich + Spitz.

3a. ♀ Spitzlich + ♂ Spitz. Fehlt.

3b. ♀ Spitz + ♂ Spitzlich.

R. leucoceras, bestäubt mit der *R. cyanornis* (Vers. 45): Die Form bleibt unverändert.

Die Form der Körner wird also durch die Bastardbestäubung nicht geändert, und damit auch die des Bastard-Endosperms nicht. (Das Glattwerden der runzeligen Zuckermaiskörner gehört nicht hieher).

II. Die Grösse der Körner.

1. Gross + Klein.

1a. ♀ Gross + ♂ Klein.

R. alba, bestäubt mit der *R. nana* (Vers. 46) und *cyanornis* (72): Die Grösse bleibt unverändert.

R. Philippi, *rubra* und *vulgata*, bestäubt mit der *R. nana* (Vers. 44, 48 und 2): Die Grösse bleibt unverändert.

1b. ♀ Klein + ♂ Gross.

R. nana, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 47), *coeruleodulcis* (66), *Philippi* (43) und *vulgata* (1): Die Grösse bleibt unverändert.

2. Gross + Mittel.

2a. ♀ Gross + ♂ Mittel.

R. alba, bestäubt mit der *R. acuminata* (Vers. 65), und *leucoceras* (41): Die Grösse bleibt unverändert.

R. coeruleodulcis und *leucodon*, bestäubt mit der *R. leucoceras* (Vers. 71 und 42): Die (wahre) Grösse bleibt unverändert.

R. vulgata, bestäubt mit den *R. acuminata* (Vers. 38) und *leucoceras* (69): Die Grösse bleibt unverändert.

2b. ♀ Mittel + ♂ Gross.

R. acuminata, bestäubt mit den *R. alba* (Vers. 64), *coeruleodulcis* (67) und *vulgata* (37): Die Grösse bleibt unverändert.

R. leucoceras, bestäubt mit den *R. coeruleodulcis* (Vers. 70) und *vulgata* (68): Ebenso.

3. Mittel + Klein.

3a. ♀ Mittel + ♂ Klein.

R. acuminata, bestäubt mit der *R. nana* (Vers. 39): Die Grösse bleibt unverändert.

R. leucoceras, bestäubt mit der *R. cyanornis* (Vers. 45): Ebenso.

3b. ♀ Klein + ♂ Mittel.

R. nana, bestäubt mit der *R. acuminata* (Vers. 40): Die Grösse bleibt unverändert.

In der untenstehenden Tabelle 13 sind die Durchschnittsgewichte der Xenienkörner und der Körner der Elternrassen, bei diesen auch die Maxima und Minima, zusammengestellt.

Tabelle 13.

Gewicht der Körner in mgr.

Rasse A.	Xenien. $A ♀ + B ♂$	Xenien. $B ♀ + A ♂$	Rasse B.
R. alba. 462—**353**—203.	422, 404, 400, 387, 374, 359, 341, 264.	89, 81, 74.	*R. nana.* 121—**87**—59.
R. rubra. 396—**314**—182.	361.	—	*R. nana.* 121—**87**—59.
R. Philippi. 347	248.	147[1]), 108.	*R. nana.* 121—**87**—59.
R. coeruleodulcis. 237—**205**—175.	—	37, 28, 23.	*R. nana.* 121—**87**—59.
R. vulgata. 448—**345**—190.	430, 420, 337.	143[1]), 92.	*R. nana.* 121—**87**—59.
R. alba. 462—**353**—203.	483.	299, 217.	*R. acuminata.* 199—**166**—127.

[1]) War wahrscheinlich keine reine *R. nana* gewesen. Vergl. p. 29.

R. vulgata. 448—**345**—190.	381, 315, 300 (191).	230, 207, 199, 191, 189, 166, 146, 144, 131.	*R. acuminata.* 199—**166**—127.
R. acuminata. 199—**166**—127.	174.	83, 78.	*R. nana.* 121—**87**—59.
R. coeruleodulcis. 237—**205**—175.	404, 316.	430, 378.	*R. vulgata.* 448—**345**—190.
R. dulcis. 288—**224**—186.	396.	358.	*R. vulgata.* 448—**345**—190.
R. coeruleodulcis. 237—**205**—175.	379.	—	*R. rubra.* 396—**314**—182.

Die Grösse der Körner bleibt also bei der Bastardbestäubung im Wesentlichen unverändert und damit auch die des Bastard-Endosperms, eine geringe Gewichtserhöhung ist die Folge der Kreuzung. (Die Gewichtszunahme bei den Zuckermaisrassen gehört nicht hieher.) Ebenso bleibt aber auch, wie Vers. 46 und 47 lehren, die Grösse des Embryo beim Bastard unverändert die der ♀ Rasse.

III. Die Farbe der Fruchtschale.

1. Roth + Blassgelb.

1a. ♀ Roth + ♂ Blassgelb.

R. rubra, bestäubt mit den *R. alba* (Vers. 4), *cyanea* (18), *dulcis* (50), *nana* (48) und *vulgata* (21): Die Farbe der Fruchtschale bleibt unverändert.

1b. ♀ Blassgelb + ♂ Roth.

R. alba, *coeruleodulcis*, *cyanea*, *dulcis*, *gilva*, *vulgata*, bestäubt mit der *R. rubra* (Vers. 3, 58, 17, 49, 25 und 22): Die Farbe der Fruchtschale bleibt unverändert.

2. Rothbraun + Blassgelb.

2a. ♀ Rothbraun + ♂ Blassgelb.

R. Philippi, bestäubt mit den *R. alba* (Vers. 20), *cyanea* (30), *nana* (44) und *vulgata* (5): Die Farbe der Fruchtschale bleibt unverändert.

2b. ♀ Blassgelb + ♂ Rothbraun.

R. alba, *cyanea*, *gilva*, *nana*, *vulgata*, bestäubt mit der *R. Philippi* (Vers. 19, 31, 26, 43, 6): Die Farbe der Fruchtschale bleibt unverändert.

3. Roth + Rothbraun.

3a. ♀ Roth + ♂ Rothbraun.

R. rubra, bestäubt mit der *R. Philippi* (Vers. 24): Die Farbe der Fruchtschale bleibt unverändert.

3b. ♀ Rothbraun + ♂ Roth.

R. Philippi, bestäubt mit der *R. rubra* (Vers. 23): Die Farbe der Fruchtschale bleibt unverändert.

Die Farbe der Fruchtschale bleibt also bei der Bastardbestäubung unverändert.

Das gilt auch für die weniger auffälligen Modifikationen, in denen die „blassgelbe" Fruchtschale auftritt (vergl. z. B. Vers. 32 mit Vers. 33 und 49 oder Vers. 11 mit Vers. 55), ferner für den Luftgehalt der Schale (vergl. Vers. 7 mit Vers. 52) und für ihre Dicke (vergl. ihr relatives Gewicht bei Vers. 46 u. 47).

IV. Die Farbe des Endosperms.

1. Weiss + Hellgelb.

1a. ♀ Weiss + ♂ Hellgelb.

R. alba und *cyanea*, bestäubt mit der *R. gilva* (Vers. 14 und 29): Die Färbung ist durchschnittlich deutlich gelber als bei *R. alba*, aber heller als bei *R. gilva*; die Schwankungen zwischen den einzelnen Körnern eines Kolbens sind beträchtlich.

1b. ♀ Hellgelb + ♂ Weiss.

R. gilva, bestäubt mit den *R. alba* (Vers. 14), *dulcis* (57) und *rubra* (25): Die Färbung ist meist deutlich heller als bei *R. gilva*, nur einige mit *R. alba* bestäubte Kolben sind kaum zu unterscheiden; die Schwankungen zwischen den einzelnen Körnern eines Kolbens sind merklich.

2. Weiss + Gelborange.

2a. ♀ Weiss + ♂ Gelborange.

R. alba, bestäubt mit den *R. acuminata* (Vers. 65), *Philippi* (19) und *vulgata* (11): Die Färbung ist verändert, entschieden gelb, von hellgelb bis gelborange, fast so intensiv wie bei den ♂ Rassen; die Extreme sind selten, die Körner desselben Kolbens also meist mittel, beim einzelnen Korn ist die Färbung annähernd homogen oder auf der Kuppe heller, ohne scharfe Abgrenzung.

R. coeruleodulcis und *leucoceras*, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 59 und 68): Ebenso.

R. cyanea, bestäubt mit den *R. Philippi* (Vers. 31) und *vulgata* (27): Ebenso.

R. leucodon, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 62): Ebenso; doch sind die Kuppen der Körner stets heller, weil hier der mehlige Theil des Endosperms fast bis zur Oberfläche kommt.

R. rubra, bestäubt mit der *R. Philippi* (Vers. 24) und *vulgata* (21): Ebenso.

Statt des weissen Endosperms erhält man also stets ein mehr oder weniger gelbes; von hellgelb bis gelborange schwankend, bei den Körnern desselben Kolbens. Die Extreme sind selten, bei jedem Korn ist die Färbung homogen oder nimmt gegen die Kuppe zu allmählich ab; scharf abgegrenzte Flecken fehlen. — Die Rasse hat nur einen geringen Einfluss, doch ist z. B. unverkennbar, dass bei *R. dulcis* als ♀ die Färbung bei allen Körnern gleichmässiger ausfällt, als bei *R. leucoceras* als ♀.

2b. ♀ Gelborange + ♂ Weiss.

R. acuminata, bestäubt mit den *R. alba* (Vers. 64) und *coeruleodulcis* (67): Die Färbung ist bei einer Anzahl Körner deutlich verändert, sie ist heller geworden.

R. Philippi, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 20), *cyanea* (30) und *rubra* (23): Die Färbung ist nicht merklich verändert.

R. vulgata, bestäubt mit den *R. alba* (Vers. 12), *coerulcodulcis* (60), *cyanea* (28), *dulcis* (56), *leucoceras* (69), *leucodon* (63), *rubra* (22): Die Färbung ist unverändert oder merklich heller, die Rasse, die den Pollen liefert, ist dabei von grossem Einfluss, die *R. leucoceras* ist am wirksamsten.

Statt eines gelborangen Endosperms erhalten wir also zuweilen ein auffällig hellergefärbtes, bei Körnern desselben Kolbens. Das einzelne Korn bleibt annähernd homogen gefärbt. — Auf das Resultat kann schon das Individuum Einfluss haben (Vers. 65 und 69), noch auffälliger ist der Einfluss der Rasse, und zwar sowohl der, die den Pollen liefert, als der, die die Samenanlagen bietet. So zeigt die *R. acuminata*, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 65), den Einfluss in einzelnen Körnern der Kolben sehr stark, während die *R. vulgata*, bestäubt mit der *R. leucoceras*, Kolben hervorbringt, deren Körner insgesammt wesentlich heller sein können (Vers. 69).

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass ♀ Weiss + ♂ Gelborange und ♀ Gelborange + ♂ Weiss merklich verschiedene Producte geben, und zwar so, dass das einzelne Product durchschnittlich der Mutter etwas ähnlicher ist. Das ist besonders deutlich, wenn man die Gesammtfarbe der Kolben vergleicht.

3. Weiss + Orange.

3a. ♀ Weiss + ♂ Orange.

R. alba und *rubra*, bestäubt mit der *R. nana* (Vers. 46 und 48): Die Färbung ist bei allen Körnern deutlich verändert und bewegt sich zwischen Hell-citrongelb und Gelborange: Weiss und Orange fehlen; bei den ganzen Kolben ist die Intensität merklich grösser, als bei Weiss + ♂ Gelborange. Als Ausnahme kommen weiss und gelb gefleckte Körner vor; häufig wird die Färbung von unten nach oben allmählich heller, dann geht auch die mehlige Partie des Endosperms in der Kuppe weiter nach aussen.

3b. ♀ Orange + ♂ Weiss.

R. nana, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 47) und *coerulcodulcis* (66): Die Färbung ist bei einem Theil der Körner deutlich verändert, sie ist heller geworden. Die Gesammtfarbe der Kolben ist deshalb merklich heller als bei der *R. nana*, die einzelnen Körner sind gleichmässig gefärbt.

Das Ergebniss ist also bei 3 das gleiche, wie bei 2, auch hier ist vor allem ♀ Weiss + ♂ Orange von ♀ Orange + ♂ Weiss merklich verschieden, wieder so, dass das Product durchschnittlich der Mutter ähnlicher ist.

4. Hellgelb + Gelborange.

4a. ♀ Hellgelb + ♂ Gelborange.

R. gilva, bestäubt mit den *R. Philippi* (Vers. 26) und *vulgata* (15); Die Färbung ist bei fast allen Körnern deutlich verändert, sie schwankt zwischen Gelb und fast Gelborange; die einzelnen Körner sind gleichmässig gefärbt.

4b. ♀ Gelborange + ♂ Hellgelb.

R. vulgata, bestäubt mit der *R gilva* (Vers. 16): Die Färbung ist eben merklich verändert sie ist, wenn man die ganzen Kolben betrachtet, etwas heller, die einzelnen Körner sind homogen gefärbt.

Auch hier ist also das Product der Verbindung ♀ Hellgelb + ♂ Gelborange nicht gleich dem der Verbindung ♀ Gelborange + ♂ Hellgelb; bei jeder ist es durchschnittlich der Mutter ähnlicher.

5. Hellgelb + Orange. Fehlt.

6. Gelborange + Orange.

6a. ♀ Gelborange + ♂ Orange.

R. acuminata, Philippi und *vulgata*, bestäubt mit der *R. nana* (Vers. 39, 44, 2): Die Färbung ist nicht merklich verändert.

6b. ♀ Orange + ♂ Gelborange.

R. nana, bestäubt mit den *R. acuminata* (Vers. 40), *Philippi* (43) und *vulgata* (1): Die Färbung ist nicht merklich verändert.

Allgemein lässt sich also sagen: Die hellere Endospermfarbe wird bei Bestäubung mit dem Pollen einer Rasse mit dunkler gefärbtem Endosperm (stets) in viel stärkerer Weise modificirt, als umgekehrt die dunklere bei der Bestäubung mit dem Pollen einer Rasse mit hellerer Färbung.

V. Die Farbe der Kleberschicht.

1. Nichtblau + Blau.

1a. ♀ Nichtblau + ♂ Blau.

α. ♀ Weiss + ♂ Blau.

R. alba, bestäubt mit den *R. coeruleodulcis* (Vers. 53) und *cyanea* (7): Die Färbung ist bei einem grossen Theil der Körner (etwa der Hälfte oder mehr) verändert, mehr oder weniger blau, homogen und getleckt, beides in allen möglichen Abstufungen vom blassesten Hauch bis zu intensivem Blau, vom punktförmigen Fleck bis zu homogener Blaufärbung; diese letzten sind jedoch selten. Rothviolett und Blau sind oft getrennt.

R. dulcis, bestäubt mit *R. coeruleodulcis* (Vers. 9) und *cyanea* (52): Hier war die Färbung bei allen Körnern verändert, im Uebrigen ungefähr wie oben.

R. leucoceras, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 70): Ungefähr ebenso wie oben.

R. rubra, bestäubt mit der *R. cyanea* (Vers. 18): Ungefähr ebenso.

R. alba und *leucoceras*, bestäubt mit der *R. cyanornis* (Vers. 72 und 45): Ebenso, doch ist die Färbung durchschnittlich heller, entsprechend dem helleren Blau der *R. cyanornis*.

β. ♀ Hellgelb + ♂ Blau.

R. gilva, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 61): Die Färbung war bei fast jedem Korn (bei $^{72}|_{73}$) mehr oder weniger verändert, im Uebrigen wie bei *α.*

γ. ♀ Gelborange + ♂ Blau.

R. acuminata, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 67): Ungefähr wie β.

R. Philippi, bestäubt mit der *R. cyanea* (Vers. 30): Ebenso.

R. vulgata, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 60) und *cyanea* (28): Ebenso. Fast jedes Korn war modificirt.

δ. ♀ Orange + ♂ Blau.

R. nana, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 66): Ebenso.

Die Färbung ist also gewöhnlich bei (der Hälfte oder) der Mehrzahl der Körner verändert, aber in sehr verschiedenem Grade, bei den Körnern desselben Kolbens. Fleckung ist, mit allen Abstufungen, sehr gewöhnlich.

Es ist annähernd gleich, ob *R. cyanea* oder *R. coeruleodulcis* den Pollen liefert, dagegen sicher nicht gleich, welche Rasse den Fruchtknoten bietet. So bleibt, wenn *R. alba* als ♀ dient, eine grössere Zahl von Körnern unverändert, und wenn *R. dulcis* hiezu dient, ist die Färbung allgemeiner und die Flecken sind grösser und verwaschen.

1b. ♀ Blau + ♂ Nichtblau.

α. ♀ Blau + ♂ Weiss.

R. coeruleodulcis, bestäubt mit den *R. alba* (Vers. 54), *dulcis* (Vers. 10) und *leucoceras* (71): Während bei dem ersten und zweiten Versuch das Blau ganz unverändert bleibt, ist bei dem dritten die Färbung meist heller, bald eben merklich, bald sehr auffällig, bis fast weiss, bei den Körnern desselben Kolbens und je nach dem Individuum der *R. coeruleodulcis*.

R. cyanea, bestäubt mit den *R. alba* (Vers. 8), *dulcis* (51) und *rubra* (17): Die Färbung ist bei einer relativ geringen Zahl von Körnern abgeändert, heller, selbst weiss; die Individualität spielt dabei eine deutliche Rolle, bei manchen Kolben ist auch nicht ein Korn merklich heller.

β. ♀ Blau + ♂ Hellgelb.

R. cyanea, bestäubt mit der *R. gilva* (Vers. 29): Die Färbung bleibt (zufällig?) unverändert.

γ. ♀ Blau + ♂ Gelborange.

R. coeruleodulcis, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 59): Die Färbung bleibt unverändert.

R. cyanea, bestäubt mit den *R. Philippi* (Vers. 31) und *vulgata* (27): Die Färbung wird bei einem recht kleinen Theil der Körner verändert, heller, bis zu reinem Gelborange. Die Individualität spielt dabei eine deutliche Rolle; bei einzelnen Kolben wird nicht ein Korn heller.

δ. ♀ Blau + ♂ Orange. Fehlt.

Die Färbung kann also bei einem, stets relativ recht kleinen Theil der Körner abgeändert, heller werden; Fleckung ist dabei sehr selten.

Es ist nicht gleich, welche Rasse den Pollen liefert, wie sich bei Verwendung der *R. leucoceras* an Stelle der *R. alba* in ganz auffallender Weise zeigte, ebensowenig ist es gleichgiltig, welche Rasse den Fruchtknoten liefert. *R. cyanea* ist leichter zu verändern als *R. coeruleodulcis*. Einen ganz

hervorragenden Einfluss können endlich individuelle Verschiedenheiten haben, sowohl bei der *R. coeruleodulcis* (Vers. 71) als bei der *R. cyanea*.

Das Product der Verbindung ♀ Nichtblau + ♂ Blau ist von dem der Verbindung ♀ Blau + ♂ Nichtblau verschieden, entweder fast in jedem einzelnen Fall (z. B. ♀ *R. alba* + ♂ *R. coeruleodulcis* von ♀ *R. coeruleodulcis* + ♂ *R. alba*), oder doch, wenn man die ganzen Kolben vergleicht, also im Durchschnitt (z. B. ♀ *R. alba* + ♂ *R. cyanea* von ♀ *R. cyanea* + ♂ *R. alba*). Das gilt nicht bloss von der Intensität der Färbung, sondern auch von der Form, in der sich der Einfluss des fremden Pollens zeigt: ♀ Nichtblau + ♂ Blau ist gewöhnlich gefleckt, ♀ Blau + ♂ Nichtblau bleibt gewöhnlich homogen gefärbt, auch wenn es auffällig heller geworden ist.

VI. Die chemische Beschaffenheit des Reservemateriales.

1a. ♀ Stärke + ♂ Dextrin.

R. acuminata, *nana*, *leucoceras*, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 67, 66 und 70): Keine Veränderung, die sich microscopisch und microchemisch (mit Jod) nachweisen liesse.

R. alba, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 53) und *dulcis* (32): Ebenso.

R. cyanea, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 35) und *dulcis* (51): Ebenso.

R. gilva, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 61) und *dulcis* (57): Ebenso.

R. rubra, bestäubt mit der *R. dulcis* (Vers. 50): Ebenso.

R. vulgata, bestäubt mit den *R. coeruleodulcis* (Vers. 60) und *dulcis* (56): Ebenso.

Die chemische Beschaffenheit des Reservemateriales bleibt also unverändert[1]).

1b. ♀ Dextrin + ♂ Stärke.

R. coeruleodulcis, bestäubt mit den *R. alba* (Vers. 54), *cyanea* (34), *leucoceras* (71), *rubra* (58) und *vulgata* (59): Es wird in allen Körnern nur Stärke gespeichert; die Umwandlung in Dextrin etc. unterbleibt vollständig, soweit das die microscopische Untersuchung und die Jodreaction zeigen können.

R. dulcis, bestäubt mit den *R. alba* (Vers. 33), *cyanea* (52), *rubra* (49) und *vulgata* (55): Ebenso.

Die chemische Beschaffenheit des Reservemateriales wird also stets verändert, es wird genau so viel Stärke gespeichert, wie bei der den Pollen liefernden Rasse. Nur ausnahmsweise bleibt bei einem Korn ein geringer Theil des Endosperms unbeeinflusst.

Das Product der Verbindung ♀ Stärke + ♂ Dextrin entspricht genau dem der Verbindung

[1]) Webber will das Gegentheil beobachtet haben (1900, p 31). Doch beruht das ganz sicher auf einem Irrthum. Gilman Flint (*R. vulgata*), in dessen Nähe Stowell's Evergreen (*R. dulcis*) stund, brachte einige Aehren, die ausser Körnern vom *vulgata*-Typus einige gelbe Zuckermaiskörner trugen. Trotz der gegentheiligen Versicherung waren nicht alle Exemplare von Gilman Flint rein, sondern ein kleiner Theil mit einem Zuckermais bastardirt; dass die Kolben des Bastardes statt 25% nur wenige Procente Zuckermaiskörner trugen (das abgebildete Kolbenstück etwa 6%), kam daher, dass die Nachbarpflanzen rein waren und in den Kolben des Bastardes „Xenien" bildeten.

♀ Dextrin + ♂ Stärke: es wird stets nur Stärke aufgespeichert. Die Rassen haben dabei keinen merklichen Einfluss, so wenig wie das Individuum; nur der einzelne Fruchtknoten kann sich ausnahmsweise etwas von seinem Nachbar unterscheiden.

VII. Die physikalische Beschaffenheit des Endosperms.

A.

1. Typ. dentiformis + Typ. vulgaris.

1a. ♀ *Typ. dentiformis* + ♂ *Typ. vulgaris.*

R. leucodon, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 62): Das Verhältniss zwischen dem mehligen und dem hornigen Theil des Endosperms bleibt unverändert (oder ist etwas zu Gunsten des hornigen Theiles verschoben?)[1].

1b. ♀ *Typ. vulgaris* + ♂ *Typ. dentiformis.*

R. alba und *R. vulgata*, bestäubt mit der *R. leucodon* (Vers. 36 und 63): Keine Veränderung nachgewiesen.

2. Typ. dentiformis + Typ. indurata.

2a. ♀ *Typ. dentiformis* + ♂ *Typ. indurata.*

R. leucodon, bestäubt mit der *R. leucoceras* (Vers. 42): Das Verhältniss zwischen dem mehligen und dem hornigen Theil des Endosperms bleibt im Wesentlichen unverändert (oder ist etwas zu Gunsten des hornigen Theiles verschoben).

2b. ♀ *Typ. indurata* + ♂ *Typ. dentiformis.* Fehlt.

Durch die Bestäubung einer Pferdezahnrasse durch den Pollen einer Rasse mit stärker hornigem (*vulgaris*-Typ.) oder fast ganz hornigem (*indurata*-Typ.) Endosperm wird also die Beschaffenheit des Endosperms nicht wesentlich geändert, so wenig, wie umgekehrt die Beschaffenheit des Endosperms einer Rasse mit stärker hornigem (*vulgaris*-Typ.) durch die Bestäubung mit dem Pollen einer Rasse vom Pferdezahntypus. Bei einer fast ganz hornigen Rasse (*indurata*-Typ.) werden jedoch jedenfalls durch diese Bestäubung Körner mit etwas mehr „Mehl" zu erhalten sein (vergl. 3b).

3. Typ. vulgaris + Typ. indurata.

3a. ♀ *Typ. vulgaris* + ♂ *Typ. indurata.*

R. alba und *R. vulgata*, bestäubt mit der *R. leucoceras* (Vers. 41 und 69): Das Verhältniss zwischen dem mehligen und dem hornigen Theil des Endosperms bleibt im Wesentlichen unverändert.

R. alba, bestäubt mit der *R. nana* (Vers. 46): Ebenso. — Das Ergebniss der Versuche 39 (*acuminata*), 44 (*Philippi*), 48 (*rubra*) und 2 (*vulgata*) für diesen Punkt wurde nicht ermittelt.

[1]) Webber (900, p. 27) hat in diesem Fall ein sehr hartes, horniges Endosperm erhalten, wie bei der ♂-Rasse; die Rassenreinheit der ♀ Pflanze war aber nicht geprüft worden.

3b. ♀ *Typ. indurata* + ♂ *Typ. vulgaris.*

R. leucoceras, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 68): Das Verhältniss des mehligen Theiles des Endosperms zum hornigen ist merklich verändert, und zwar zu Gunsten des mehligen.

R. nana, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 47): Ebenso. Das Ergebniss der Versuche 40 (*acuminata*) und 1 (*vulgata*) für diesen Punkt wurde nicht ermittelt.

Durch Bestäuben einer Rasse mit stark hornigem Endosperm (*indurata*-Typ.) durch eine Rasse mit mehligerem (*vulgaris*-Typ.) kann man also eine sehr deutliche Verschiebung des Verhältnisses zwischen dem mehligen und dem hornigen Theil des Endosperms, zu Gunsten des ersten erzielen (z. B. 4b), aber nicht umgekehrt durch Bestäubung einer Rasse mit stark mehligem Endosperm durch eine Rasse mit stark hornigem eine deutliche Verschiebung zu Gunsten des letzteren (z. B. 4a). — Das Product der Verbindung ♀ *A* + ♂ *B* kann dem der Verbindung ♀ *B* + ♂ *A* ganz entsprechen (3a und b) oder sehr verschieden ausfallen (1a und b, 2a und b).

B.

4. Typ. dentiformis* + *Typ. saccharata. Fehlt (vergl. aber p. 89).

5. Typ. vulgaris* + *Typ. saccharata.

5a. ♀ *Typ. vulgaris* + ♂ *Typ. saccharata.*

R. acuminata, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 67): Keine merkliche Veränderung.
R. alba, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 53) und *dulcis* (32): Ebenso.
R. cyanea, bestäubt mit den *R. coeruleodulcis* (Vers. 35) und *dulcis* (51): Ebenso.
R. gilva, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 61) und *dulcis* (57): Ebenso.
R. rubra, bestäubt mit der *R. dulcis* (Vers. 50): Ebenso.
R. vulgata, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 60) und *dulcis* (56): Ebenso.

5b. ♀ *Typ. saccharata* + ♂ *Typ. vulgaris.*

R. coeruleodulcis, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 54), *cyanea* (34), *rubra* (58) und *vulgata* (59): Das Verhältniss zwischen dem mehligen und hornigen Theil des Endosperms ist sehr verändert, es ist das des *vulgaris*-Typus, mit deutlicher, oft sehr starker Annäherung an den *dentiformis*-Typus.
R. dulcis, bestäubt mit den *R. alba* (Vers. 33), *cyanea* (52), *rubra* (49) und *vulgata* (55): Ebenso, nur sind stärkere Abweichungen gegen den *dentiformis*-Typus hin seltener.

6. Typ. indurata* + *Typ. saccharata.

6a. ♀ *Typ. indurata* + ♂ *Typ. saccharata.*

R. leucoceras, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 70): Das Verhältniss zwischen dem mehligen und dem hornigen Theil des Endosperms bleibt unverändert[1]).

[1]) Dasselbe Ergebniss beobachtete Mc Cluer (892, p. 84), der Queens golden Pop Corn mit dem Pollen von Black Mexican Sweet bestäubte.

6b. ♀ *Typ. saccharata* + ♂ *Typ. indurata.*

R. coeruleodulcis, bestäubt mit der *R. leucoceras* (Vers. 71): Das Verhältniss ist sehr verändert, es ist das des *vulgaris*-Typus mit deutlicher, oft starker Annäherung an den *dentiformis*-Typus.

Mit dem Pollen einer Rasse vom *saccharata*-Typus bestäubt, zeigen die Rassen vom *vulgaris*- und *indurata*-Typus keine merkliche Veränderung des Verhältnisses zwischen mehligem und hornigem Theil des Endosperms, während umgekehrt die Rassen vom *saccharata*-Typus, mit dem Pollen einer Rasse vom *vulgaris*- oder *indurata*-Typus bestäubt, ein Endosperm vom *vulgaris*-Typus ausbilden, oft mit Anklang an den *dentiformis*-Typus.

Das Product der Verbindung ♀ *A* + ♂ *B* ist dem der Verbindung ♀ *B* + ♂ *A* entweder völlig gleich (5) oder sehr ähnlich (6).

Die Rassenzugehörigkeit und die Individualität haben zuweilen einen deutlichen Einfluss. So ist es nicht ganz gleich, ob die *R. dulcis* oder die *R. coeruleodulcis* mit einer Rasse vom *vulgaris*-Typus bestäubt wird, und unter vielen, gleichmässig veränderten Körnern findet man bei 5a und 6a einzelne Körner, die noch zum Theil den *saccharata*-Typus zeigen.

Vergleicht man 2b mit 5b und 3b mit 6b, so sieht man, dass der *saccharata*-Typus und der *indurata*-Typus, trotz aller äusseren Aehnlichkeit, grundverschieden sind (vergl. p. 39 und 42).

Aus der Litteratur sind noch die Ergebnisse folgender Combinationen mehr oder weniger sicher bekannt:

A.

♀ *Typ. dentiformis* + ♂ *Typ. amylacea.*

Hier tritt bald gar keine Veränderung ein (Burr's white dent + Brazilian flour, Mc Cluer, 892, p. 84, Burr's white dent + Cuzko, Champion white Pearl + Cuzko, Webber, 900, p. 22), bald eine Zunahme des mehligen Theiles (Hickory King + Cuzko, Webber, 900, p. 20), bald eine Veränderung oder keine (Leaming Yellow + Cuzko, Webber, Exp. 18a—c unverändert, Exp. 41a sehr deutlich verändert).

Typ. dentiformis + *Typ. indurata.*

a. ♀ *Typ. dentiformis* + ♂ *Typ. indurata.*

Nach Mc Cluer (892, p. 85) gab ein weisser Pferdezahnmais, mit Queen's golden Pop Corn bestäubt, (unter anderm) Körner von weniger deutlicher Pferdezahnform, doch ist es ihm fraglich geblieben, ob darin ein Einfluss des fremden Pollens zu sehen sei.

b. ♀ *Typ. indurata* + ♂ *Typ. dentiformis.*

Mc Cluer (892, p. 85) fand keine Veränderung.

B.

Typ. dentiformis + *Typ. saccharata.*

a. ♀ *Typ. dentiformis* + ♂ *Typ. saccharata.*

R. leucodon, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Black Mexican Sweet): Etwas mehr als die Hälfte der Körner waren runzlig (und hatten den Geschmack vom Zuckermais), etwas weniger als die Hälfte der Körner waren etwas weniger „dented" (d. h. zeigten etwas weniger deutliche „Kunden" und besassen den Geschmack des Pferdezahnmaises); von beiderlei Körnern waren gleich viel blau geworden (Mc Cluer, 892, p. 84).

Mir unterliegt es keinem Zweifel, dass ein Bastard *leucodon* + *dulcis* zu dem Versuch verwendet wurde; damit stimmt, dass Webber (900, p. 22) in 3 Versuchen (Hickory King, Leaming Yellow, Champion white Pearl, bestäubt mit Stowell's Evergreen) gar keine Veränderung beobachten konnte.

b. ♀ *Typ. saccharata* + ♂ *Typ. dentiformis.*

Nach Mc Cluer (der einen weissen Zuckermais mit einem gelben Pferdezahnmais bestäubte) bekommen die Körner den *vulgaris*-Typus („very much like flint corn in appearance, neither dented nor wrinkled"), nach Webber (der Stowell's Evergreen mit Leaming Yellow bestäubte, also annähernd den gleichen Versuch ausführte) dagegen eher den *dentiformis*-Typus („smooth with a starchy endosperm similar to that of the male parent"). Vielleicht waren die Körner nicht ganz reif geworden? Von vorn herein erscheint die erste Angabe weniger wahrscheinlich, dürfte aber gerade zutreffen.

♀ *Typ. amylacea* + ♂ *Typ. saccharata.*

Nach Mc Cluer (892, p. 84), der Brazilian flour mit dem Pollen von Gold Coin Sweet bestäubte, wird das Verhältniss zu Gunsten des hornigen Theiles verschoben (the kernerls were flinty in outward appearance), nach Tracy (888), der Cuzco mit Black Mexican bestäubte, wird ein Theil der Körner runzlig, ein Theil bleibt glatt. Hier war wohl die R. Cuzco nicht rein, sondern ein Bastard mit einem weissen Zuckermais gewesen.

VIII. Die Form der Kleberzellen.

1a. ♀ Kurz + ♂ Lang.

R. nana, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 66): Die Form und Grösse der Kleberzellen bleibt unverändert.

R. vulgata, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 60): Ebenso.

R. nana, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 47): Die Form (und Grösse) der Kleberzellen bleibt unverändert.

1b. ♀ Lang + ♂ Kurz.

R. alba, bestäubt mit der *R. nana* (Vers. 46): Die Form (und Grösse) der Kleberzellen bleibt unverändert.

R. coeruleodulcis, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 59): Ebenso.

Es zeigt sich also kein „directer Einfluss" der Bestäubung auf die Form der Kleberzellen, obschon diese dem Bastardendosperm angehören.

IX. Das Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm.

A.

a. ♀ Grosser Embryo + ♂ kleiner Embryo.

R. alba, bestäubt mit der *R. nana* (Vers. 46): Aus den sonst widersprechenden Ergebnissen geht doch soviel hervor, dass das Verhältniss in Folge der Bastardbestäubung ein zwischen den Eltern vermittelndes wird. (Vergl. Tabelle 9.) Zur Deutung vergl. p. 46.

b. ♀ Kleiner Embryo + ♂ grosser Embryo.

R. nana, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 47): Wie oben.

B.

a. ♀ Relativ schwerer Embryo + ♂ relativ leichter Embryo.

R. coeruleodulcis, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 59): Der Embryo ist relativ sehr viel leichter, das Verhältniss entspricht jetzt annähernd dem bei der *R. vulgata.*

R. dulcis, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 55): Ebenso.

b. ♀ Relativ leichter Embryo + ♂ relativ schwerer Embryo.

R. vulgata, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 60): Der Embryo ist annähernd gleich schwer, das Verhältniss unverändert geblieben.

R. vulgata, bestäubt mit der *R. dulcis* (Vers. 56): Ebenso.

Bei der Verbindung der Typen ♀ *saccharata* + ♂ *vulgaris* bleibt das absolute Gewicht des Embryo das gleiche, das relative sinkt auf das des *vulgaris*-Typus, weil das absolute des Endosperms bis zu diesem Typus steigt; bei der Verbindung der Typen ♀ *vulgaris* + ♂ *saccharata* bleibt das absolute und relative Gewicht des Embryo unverändert, weil dasjenige des Endosperms unverändert bleibt. Die Veränderung im ersten Fall hängt mit der Veränderung in der chemischen Beschaffenheit des Reservematerials zusammen, in Rücksicht auf das Gewichtsverhältniss von Embryo und Endosperm kann man eigentlich von „Xenien“ nicht sprechen.

Ich stelle die Zahlen zusammen:

Tabelle 14.

Trockengewicht des Embryo, wenn das von Embryo und Endosperm gleich 100 gesetzt wird.

Rasse *A.*	♀ *A* + ♂ *B.*	♀ *B* + ♂ *A.*	Rasse *B.*
coeruleodulcis.	„Xenie“.	„Xenie“.	*vulgata.*
16,6; 15,2; 16,0.	9,6; 9,6.	10,5; 10,7.	9,8; 10,9; 11,4; 12,2.
dulcis.	„Xenie“.	„Xenie“.	*vulgata.*
21,1; 17,9.	10,3.	13,1.	9,8; 10,9; 11,4; 12,2.

Endlich sei noch die **Schnelligkeit des Keimens** erwähnt. Aus den wenigen Beobachtungen (Vers. 16 und 17) geht hervor, dass hierin durch die Bestäubung mit dem Pollen einer Rasse, die sich anders verhält, nichts geändert wird.

Ich sehe einstweilen darin noch keinen echten Fall vom Auftreten eines rein mütterlichen Charakters beim Bastard. Man wird ja anzunehmen geneigt sein, dass die Schnelligkeit des Keimens vom Embryo abhängt, und erwarten, dass der Bastardembryo entweder intermediär sei, oder dass bei ihm das Verhalten der einen Rasse dominirt. Wenn das nicht der Fall ist, wenn er sich stets verhält wie ein reiner Embryo der als ♀ dienenden Rasse, so kann das auch darauf beruhen, dass die Schnelligkeit bestimmt oder regulirt wird durch etwas, das ausserhalb des Embryo liegt. Was das ist, müsste freilich erst festgestellt werden.

VIII. Abschnitt.

Die Ergebnisse im Jahre der Bestäubung. Die Xenien.

I. Die Thatsachen. — II. Die Erklärung als Endosperm-Bastardirung. Schwierigkeiten: Merkmale des Endosperms, die stets unverändert bleiben; Einfluss des Geschlechtes. — Ist die Vereinigung der Polkerne mit dem zweiten generativen Kern aus dem Pollenschlauch eine wahre Befruchtung? Teleologische Deutung der Endosperm-Bastardirung. — Die „Mengung" der Merkmale und Webber's Deutung. — III. Die übrigen Xenien. 1. Fälle, wo der Bastardembryo die Veränderung bedingt. 2. Fälle, wo das Bastardendosperm die Veränderung bedingt. 3. Fälle, wo die Veränderung sich jenseits von Embryo und Endosperm gezeigt haben soll.

I.

1) Bei jeder der untersuchten (dreizehn) Maisrassen lässt sich wenigstens eine Eigenschaft des Kornes durch die Bestäubung mit dem Pollen einer passend gewählten zweiten Rasse direkt abändern; doch fällt diese Abänderung oft wenig in die Augen oder trifft nur einen Theil der Körner.

2) Der Pollen jeder der untersuchten Rassen ist im Stande, mindestens einen Theil der Körner einer passend gewählten anderen Rasse wenigstens in einer Eigenschaft direkt abzuändern. Nur der weisse Zuckermais blieb fast stets wirkungslos.

Aus 1 und 2 folgt, dass nicht jede Rasse durch die Bestäubung mit dem Pollen jeder anderen Rasse beeinflusst werden kann.

3) Es treten bei den bestäubten Pflanzen nur solche neue Eigenschaften auf, die jene Rasse, die den Pollen geliefert hat, besitzt, keine ganz neuen.

4) Der abändernde Einfluss des fremden Pollens geht nie über das Korn hinaus und äussert sich bei diesem (abgesehen vom Embryo) nur am Endosperm. Alles, was ausserhalb desselben liegt, bleibt unverändert, so die Fruchtschale, was am leichtesten an ihrer Farbe konstatirt werden kann, aber auch für ihren Luftgehalt, ihre Dicke etc. gilt.

5) a. Der direkte Einfluss fremden Pollens ist am auffälligsten bei der Farbe der Kleberschicht (Kategorie IV) und der des übrigen Endosperms (Kateg. V), ferner bei der chemischen Beschaffenheit des Reservemateriales in ihm (Kateg. VI), ist aber auch nachweisbar im Gewichtsverhältniss des Embryo und Endosperms (Kateg. IX) und, bis zu einem gewissen Grade, bei der physikalischen Beschaffenheit des Endosperms (beim Verhältniss des mehligen zum hornigen Theil) (Kateg. VII).

b. Dagegen bleibt die Grösse (Kateg. II) und die Gestalt[1]) (Kateg. I) des Endosperms (mit denen des ganzen Kornes und des Embryo) unverändert, und ebenso die Form der Kleberzellen (Kateg. VIII).

c. Unbekannt blieb z. B. das Verhalten des Oelgehaltes im Endosperm.

[1]) Scheinbare Ausnahmen sind Folgen der Zufuhr frischen „Blutes" oder durch eine Aenderung in der chemischen Beschaffenheit des Reservemateriales im Endosperm bedingt (vergl. p. 25 und p. 28).

6. Bewirkt der fremde Pollen überhaupt eine Veränderung, so beträgt die Zahl der modificirten Körner wenige Procente bis 100 Procent (alle) der durch die Bastardbestäubung entstandenen Körner. Sie hängt in erster Linie von der Merkmalskategorie ab, dann vom Geschlecht (Satz 8) und von der Rassenzugehörigkeit, am wenigsten von individuellem Verhalten, so dass im Allgemeinen bei jedem Versuch jedes Individuum dieselbe Zahl giebt.

7) a. Wenn der Pollen einer Rasse bei einer zweiten eine Abänderung hervorruft, so ist sie bei jeder Kategorie und in allen Fällen qualitativ gleich, kann aber quantitativ sehr verschieden ausfallen und von 0 bis zum Maximum gehen. Dies letzte gilt vor allem für die Farbe der Kleberschicht, schon nicht mehr ganz für die des übrigen Endosperms.

b. Diese quantitative Verschiedenheit in der Abänderung kommt zu Stande:

1. Durch Abstufung im Grade (in der Intensität), bei homogener Färbung,

2. durch Auftreten im Intensitätsmaximum, aber auf grösseren oder kleineren Flecken (bis herab zu einzelnen Zellen), die neben unveränderten Theilen liegen („Scheckung"),

3. durch Combination von a und b.

Im Fall 1 kann man von Mischung der Merkmale, im Fall 2 von Mengung der Merkmale sprechen: „mischen" bezeichnet bekanntlich eine innigere Durchdringung und Verbindung. Bei der Farbe des Endosperms tritt fast ausnahmslos Mischung ein, bei der Farbe der Kleberschicht Mischung, Mengung oder beides zusammen. Rasse und Individuum haben darauf Einfluss (vergl. z. B. Versuch 71 und 54).

c. Die Stärke der Abänderung kann variiren:

1. von Korn zu Korn am selben Kolben,

2. von Individuum zu Individuum bei derselben Rasse,

3. von Rasse zu Rasse[1]).

1 ist am auffälligsten, und bei der Färbung der Kleberschicht besonders deutlich, 2 bei der *R. cyanea* und 3 in den Kategorien V (Farbe des Endosperms) und IV (Farbe der Kleberschicht) bei der Anlage für Weiss (hier ist *R. dulcis* < *R. alba* < *R. leucoceras*), aber auch bei der für Blau (*R. cyanea* < *R. coeruleodulcis*).

8) Wenn wir zwischen zwei Rassen I und II beide möglichen Bestäubungen (♀ I + ♂ II und ♀ II + ♂ I) ausführen, so ist das Resultat entweder bei beiden gleich oder verschieden.

a. Ist das Ergebniss das gleiche, so kann es entweder mehr oder weniger genau intermediär sein — wie beim Gewichtsverhältniss des Embryo und Endosperms —, oder es zeigt sich nur das eine Merkmal (und dann in voller Stärke), es „dominirt", das andere zeigt sich nicht, ist „recessiv" — wie bei der chemischen Beschaffenheit des Endosperms, wo nur Stärke gebildet wird, mag die ♀ oder die ♂ „Keimzelle" die Anlage für Dextrin etc. -Bildung besessen haben[2]).

[1]) Neue Versuche und ein genaues Studium der alten haben mir gezeigt, dass Satz 12 meiner vorläufigen Mittheilung nicht ganz zutrifft. Er lautete: Eine bestimmte Eigenschaft, die überhaupt als Xenie auftreten kann (z. B. die blaue Färbung der Kleberschicht), wirkt bei jeder Rasse, die sie besitzt, durch die Bestäubung auf jede andere Rasse, die diese Eigenschaft nicht besitzt, in gleicher Weise ein, wie verschieden diese bestäubten und bestäubenden Rassen sonst sein mögen.

[2]) Danach muss in Satz 13 meiner vorläufigen Mittheilung doch nie gestrichen und durch nur ausnahmsweise ersetzt werden. Er lautet dann: Wird das Endosperm einer Rasse (*A*) nach der Bestäubung mit dem Pollen einer zweiten Rasse (*B*) verändert, so geht der Einfluss nur ausnahmsweise so weit, dass es dem Endosperm der zweiten Rasse (*B*) in dem Punkte völlig gleich würde.

b. Ist das Ergebniss ein verschiedenes, so kann es trotzdem noch bei beiden Verbindungen (♀ I + ♂ II und ♀ II + ♂ I) intermediär sein. Bei der einen muss es dann aber mehr der einen, bei der andern mehr der andern Rasse ähnlich sehen. Dabei hat sich herausgestellt, dass es (im Durchschnitt) stets ähnlicher der Rasse ausfällt, welche den Fruchtknoten geliefert hat, ferner, dass es bei der einen Verbindung der einen Rasse (I) näher steht, als bei der andern der andern Rasse (II). Dies ist schon deutlich bei der Farbe des Endosperms (Kateg. V), tritt aber vor allem bei der der Kleberschicht (Kateg. IV) hervor[1]). Es lässt sich etwa so darstellen:

$$\overset{♀}{\text{I}} \ldots (♀\,\text{I} + ♂\,\text{II}) \ldots\ldots\ldots \overset{♂}{\text{II}} \quad \text{und} \quad \overset{♀}{\text{II}} \ldots\ldots (♀\,\text{II} + ♂\,\text{I}) \ldots\ldots \overset{♂}{\text{I}},$$

und kann so weit gehen, dass ♀ I + ♂ II = I wird. Hierauf haben Individualität und Rassenzugehörigkeit Einfluss, *R. vulgata* ⫩ *dulcis* ist kaum von *R. vulgata* zu unterscheiden, *R. vulgata* ⫩ *alba* eben merklich, *R. vulgata* ⫩ *leucoceras* auffällig.

Ein anderes Extrem dieser verschiedenen Ausbildung ist, dass (♀ I + ♂ II) nicht von I, (♀ II + ♂ I) nicht von II zu unterscheiden ist: der fremde Pollen bleibt (scheinbar) wirkungslos auf die Eigenschaften der bestäubten Rasse. Dies ist bei einer Kategorie, der Form der Kleberzellen, wirklich der Fall (wohl auch in manchen Fällen bei Kategorie VII, dem physikalischen Verhalten des Endosperms).

9) Der abändernde Einfluss kann bei jedem Fruchtknoten nur von einem Pollenkorn ausgeübt worden sein (Vers. 73—77). Wir werden bald sehen (Abschnitt XI), dass es dasjenige Pollenkorn sein muss, dessen einer Spermakern die Eizelle befruchtete.

10) Alle selbständigen Merkmalskategorien, die sich bei der Xenienbildung betheiligen, sind untereinander unabhängig. Conjugirte Merkmale kamen nicht vor.

II.

Mit der Entdeckung der „doppelten Befruchtung“ durch Nawaschin und Guignard war auch die Erklärung der beim Mais thatsächlich nachweisbaren Xenien gegeben: neben dem Bastardembryo entsteht eben noch ein Bastardendosperm. — Die Erklärung durch eine enzymatische Einwirkung des Bastardembryo auf das Endosperm, an die ich früher gedacht hatte, musste dahin fallen. Sie war ja durch das Verhalten der Merkmale von Kategorie VI gewiss recht nahe gelegt, wurde aber durch meine Experimente (für Kateg. IV und V) nicht gestützt, ich gehe deshalb auf sie (899, p. 414) nicht ein.

Dem Versuch, die Vereinigung der drei Kerne nachzuweisen, hatte ich 1899 viel Zeit geopfert, ich habe ihn nicht wieder aufgenommen. Gewiss hat ihr Nachweis einigen Werth, bei der Kleinheit der Kerne wird aber für die feinere Kenntniss des Vorganges wenig abfallen; Webber's Annahme, dass sich die ♀ und ♂ Kerne häufig parthenogenetisch entwickelten, wird schon durch die bekannten Thatsachen genügend widerlegt (p. 98).

War so der Schlüssel für die Erklärung gegeben, so blieb doch noch zweierlei übrig, was sich ihr zunächst nicht fügen wollte:

1) Warum blieben manche Eigenschaften des Endosperms stets unverändert bei der Bastardirung? (Satz 5b).

[1]) Satz 10 meiner vorläufigen Mittheilung, der dahin lautet: Wenn zwei Rassen nur in einem Punkt verschieden sind, in dem sich Xenien zeigen können, so ist die Beeinflussung stets einseitig, nicht gegenseitig, muss also geändert werden, dass er lautet: . . . . , so ist die Beeinflussung entweder einseitig oder gegenseitig, aber so, dass das Product der Verbindung A ♀ + B ♂ dem A näher steht als das der Verbindung B ♀ + A ♂ dem B.

2) Warum fiel das Ergebniss fast immer verschieden aus, wenn die Stammrassen ihre Rollen als ♀ und ♂ tauschten? Und warum pflegte dann das Bastardendosperm stets mehr dem Endosperm der als ♀ dienenden Rasse zu gleichen, als dem der als ♂ dienenden? (Satz 8b).

1) Was die erste Frage betrifft, so ist es vielleicht nicht unnöthig, noch besonders auf das „stets" hinzuweisen. Es ist eine bekannte Erscheinung, dass der Bastard in einem Merkmal der einen Eltersippe gleich sein kann, mag sie als ♀ oder als ♂ gedient haben (♀ A + ♂ a = A, ♀ a + ♂ A = A), es ist ferner verbürgt (Millardet, 894), dass die einen Individuen des Bastardes von gleicher Abstammung (z. B. ♀ A + ♂ a) in einem Merkmal der Sippe A, die andern der Sippe a entsprechen können (♀ A + ♂ a = A oder a, ♀ a + ♂ A = A oder a). Darum handelt es sich hier nicht, sondern darum, dass das Bastardendosperm stets gleich dem Endosperm jener Rasse sein kann, die als ♀ dient (♀ A + ♂ a = A, ♀ a + ♂ A = a).

So verhalten sich drei Merkmalskategorien: die Grösse des Endosperms (Kateg. II), die Gestalt des Endosperms (Kateg. I) und die Form der Kleberzellen (Kateg. VIII), wohl auch noch eine vierte zum Theil, die physikalische Beschaffenheit des Endosperms (Kateg. VII).

Die beiden ersten Kategorien bieten nach dem, was früher über sie bemerkt wurde (p. 26 und 28) der Erklärung keine Schwierigkeiten. Es wurde ja gezeigt, dass sowohl die Grösse des Endosperms als dessen Form durch die Capacität und die Form des von der Fruchtschale gebildeten Hohlraumes bedingt wird; beide werden in Folge der Bastardbestäubung nicht wesentlich verändert, also bleibt auch die Grösse und Form des Endosperms unverändert. Dem Bastard-Embryo geht es ja auch nicht anders, er ist nach Form und Grösse (absolutem Gewicht) vom normalen Embryo der als ♀ dienenden Rasse nicht verschieden[1]), und keimt auch zur gleichen Zeit, wenn hierin Unterschiede zwischen den Stammeltern vorkommen.

Anders ist es mit der achten (und der siebenten) Kategorie. Genauer betrachtet bildet deren Verhalten jedoch nur das eine Extrem des Verhaltens, das uns als zweite Frage beschäftigen muss, wird also bei dieser besprochen werden.

2) Fasst man zunächst das Verhalten der Merkmale beim Wechsel der Eltern in allen den Kategorien ins Auge, in denen sich die Endosperme der Rassen unterscheiden, so lassen sich drei Typen erkennen, zwei extreme (I, III) und ein mittlerer (II).

I. Typus: ♀ A + ♂ a = A, ♀ a + ♂ A = A. Hieher gehört nur Kateg. VI (chemische Beschaffenheit des Endosperms).

II. Typus: ♀ A + ♂ a und ♀ a + ♂ A intermediär; aber ♀ A + ♂ a sehr ähnlich A, ähnlicher als ♀ a + ♂ A, das sich seinerseits mehr a nähert. Hieher gehören Kategorie V (Farbe des Endosperms), IV (Farbe der Kleberschicht), zum Theil auch wohl VII (physikalische Beschaffenheit des Endosperms) und IX (Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm. *R. alba* + *nana*).

III. Typus: ♀ A + ♂ a = A, ♀ a + ♂ A = a. Hieher Kategorie VIII (Form der Kleberzellen) und zum Theil auch VII (physikalische Beschaffenheit des Endosperms).

Zur Erklärung nahm ich an (899, p. 416), dass die ♀ Erbmasse der ♂ stets dadurch überlegen sei, dass **2** Kerne aus dem Embryosack mit **1** aus dem Pollenschlauch verschmelzen.

[1]) Eine ganz geringe Grössenänderung kann durch die Verschiebung des Gewichtsverhältnisses von Embryo und Endosperm bedingt werden; sie kommt gegenüber den grossen Differenzen bei den Elternrassen nicht in Betracht.

Man darf gewiss annehmen, dass es von Einfluss auf die Entfaltung der Merkmale sein kann, ob die Anlage für das Merkmal A zweimal oder nur einmal mit der Anlage für das Merkmal a zusammenkommt, auch wenn der untere Polkern eine vom obern abweichende Beschaffenheit besitzt[1]). Nehmen wir an, im ersten Fall werde die „Stärke" der Anlagen (A und a) verdoppelt — sie könnte geradesogut verdreifacht werden oder aufs Anderthalbfache steigen, das ist für das Folgende belanglos —, und die Anlage A könne sich neben der Anlage a nur dann entfalten, wenn ihre Stärke jener gegenüber eine gewisse Grenze überschritte, während sie jenseits einer zweiten Grenze ihrerseits die Anlage a an der Entfaltung verhindern könne, so lassen sich alle drei Typen erklären (900, **c**, Sp. 238).

I. Typus: Die Anlage für das Merkmal a ist sehr viel schwächer als die für das Merkmal A, selbst $a + a$ bleibt unter der untern Entfaltungsgrenze, A gegenüber. Zahlenbeispiel: $A : a = 10 : 2$, untere Entfaltungsgrenze (x) $A : x = 10 : 6$; $2A : a = 20 : 2 = 10 : 1$; $A : 2a = 10 : 4$.

II. Typus: Die Anlage für das Merkmal a ist schwächer als die für das Merkmal A, also erst recht schwächer als $A + A$; $a + a$ erreicht aber, immer oder in einzelnen Fällen, die untere Entfaltungsgrenze (ja zuweilen die obere). Zahlenbeispiel: $A : a = 10 : 7$, untere Entfaltungsgrenze (y) $A : y = 10 : 3$; $2A : a = 20 : 7 = 10 : 3{,}5$; $A : 2a = 10 : 14$.

III. Typus: Die Anlage für das Merkmal a ist so stark wie die für das Merkmal A. Zahlenbeispiel: $A : a = 10 : 10$, untere Entfaltungsgrenze (z) $A : z = 10 : 3$; $2A : a = 20 : 10 = 10 : 5$; $A : 2a = 10 : 20$.

Nun habe ich bei gewissen Matthiola-Sippen, von denen die eine („*incana*") Cotyledonen mit einer blauen, die andere („*glabra*") Cotyledonen mit einer nichtblauen (gelben) Epidermis besitzt, beobachtet, dass die Bastard-Embryonen auch verschieden ausfielen, je nachdem *incana* mit *glabra* oder *glabra* mit *incana* bestäubt worden war (900, **d**, p. 101); sie glichen in der Farbe durchschnittlich mehr der Mutter, waren also im ersten Fall mehr blau als im zweiten. Da die Embryonen alle zu ihrer Ausbildung nöthigen Stoffe von der Mutterpflanze erhalten, kann man zur Erklärung des verschiedenen Aussehens annehmen, die Bastardembryonen, die auf der gelbkeimigen *glabra* reifen, erhielten die zur Ausbildung des blauen Farbstoffes nöthigen Stoffe nicht in derselben Menge geliefert, als die auf der blaukeimigen *incana* reifenden. Im einen Fall kann die Anlage nicht so gut zum Merkmal werden, wie im andern. Man könnte nun auf die gleiche Weise erklären, weshalb beim Maisendosperm die beiden Verbindungen $♀ A + ♂ a$ und $♀ a + ♂ A$ sich so verschieden verhalten. Dabei würde man für den I. Typus annehmen, dass die Ernährung gar keinen Einfluss hat, gegenüber dem gegenseitigen Stärkeverhältniss der Anlagen, für den II. Typus, dass beide, die Ernährung und das Stärkeverhältniss der Anlagen, von Einfluss seien, und für den III. Typus, dass das Stärkeverhältniss der Anlagen der Ernährung gegenüber ganz ohne Einfluss sei. Dieses letztere erscheint doch recht unwahrscheinlich, besonders wenn man bedenkt, dass es sich z. B. um die Form der Kleberzellen handelt, und so dürfte mein erster Erklärungsversuch doch vorzuziehen sein.

Man könnte noch eine dritte Erklärung versuchen, nämlich annehmen, dass die bei der Befruchtung im ♂ Kern hinzukommende Anlage für das Merkmal a nicht im Stande sei, die Entfaltung des Merkmals A zu verhindern oder zu beeinflussen, die Entfaltung, für die schon vorher von der im ♀ Kerne steckenden Anlage Vorbereitungen getroffen sind, für die durch die Beschaffenheit des

[1]) Eine ungleiche Zahl der ♂ und ♀ Ide wurde schon von Weismann (892, p. 351) zur Erklärung des Uebergewichtes des einen Geschlechtes herangezogen.

♀ Plasmas gesorgt ist. Ich denke dabei speciell an die interessanten Versuche von Driesch über rein mütterliche Charaktere an Bastardlarven von Echiniden (898, p. 65). Etwas Entsprechendes wäre z. B. bei Chromatophoren zu suchen, die ja als Leucoplasten von der Mutterpflanze ins Ei übernommen werden. In unseren Fällen (beim Mais) handelt es sich nicht um frühzeitig auftretende Charaktere, sondern um solche, die sich relativ spät, ja erst ganz am Ende der Entwicklung zeigen, sodass ich auch dieser Deutung meine erste vorziehe.

Auf die Frage, ob die Verschmelzung des zweiten Spermakernes mit den beiden Polkernen eine „wahre Befruchtung" darstellt, oder nicht, will ich nicht zu weit eingehen. Sicher ist, dass dabei physiologisch alles so verläuft, wie bei einer wahren Befruchtung; der einzige Unterschied vom Embryo ist der, dass das Endosperm sich nicht fortpflanzt. Meiner Meinung nach ist das eine Sache für sich; daraus, dass bei den höheren Pflanzen die Fortpflanzung an eine Befruchtung (die Vereinigung der Sexualzellen) gebunden ist, braucht noch nicht hervorzugehen, dass beide überall innerlich zusammenhängen: wie es Fortpflanzung ohne Befruchtung giebt, könnte es auch Befruchtung ohne Fortpflanzung geben. Im Uebrigen verweise ich auf die Arbeiten von Strasburger (900, a, Sp. 15 d. S. A.), der gegen diese Auffassung ist, und von Miss Sargant (900, p. 689), mit welch letzterer ich im Wesentlichen übereinstimme.

E. Sargant hat, eine Anregung von Miss Thomas aufgreifend, auch eine teleologische Deutung der Befruchtung der Polkerne zu geben versucht: Das Bastardendosperm wird für die Ernährung und die Entwicklung des Bastardembryo passender sein, als ein von der Mutterpflanze allein gebildetes Endosperm. Miss Sargant hat dabei in erster Linie an Kategorie VI, das chemische Verhalten des Reservemateriales im Endosperm, gedacht. Da die Anlage für Stärke dominirt, müsste, falls eine genaue Anpassung vorläge, der Embryo des Bastardes (Typ. *vulgaris* + Typ. *saccharata*) dieselben Anforderungen stellen, wie der des reinen Typus *vulgaris*. Hierüber liessen sich natürlich leicht experimentelle Untersuchungen anstellen, durch Vertauschen der Keimlinge angekeimter Früchte. Doch ist jedenfalls nicht zu vergessen, dass diese Deutung vor den Kategorien IV und V Halt machen muss: was auch der Nutzen der Färbung der Kleberschicht und des Endosperms sein mag — wenn sie überhaupt einen hat —, an die Ernährung des Embryo wird man dabei am Wenigsten denken können! Und für das Zustandekommen der doppelten Befruchtung sagt diese Deutung so viel oder so wenig, wie jede andere teleologische Erklärung.

Zu Satz 7b: Die Mengung der Merkmale, das Auftreten der Scheckung — mag sie nun fast regelmässig zu Stande kommen oder als Ausnahme sich zeigen —, ist sehr auffallend und hat H. Webber zur Aufstellung einer besonderen Hypothese Anlass gegeben. Er nimmt an, dass sich in solchen Fällen der zweite Spermakern nicht mit den Polkernen vereinigt, sondern selbständig getheilt habe, neben dem aus den Polkernen gebildeten Kerne, der sich auch theilen würde. Wir hätten also eine ♀ und ♂ „Parthenogenesis"; jeder Kern behält seine Eigenschaften, und bei der Vertheilung an der Peripherie des Embryosackes kämen Kerne mit denen des Vaters neben solche mit denen der Mutter zu liegen, wie man sich leicht ausmalen kann.

Zunächst ist dem gegenüber zu betonen, dass ein Auftreten der verschiedenen Farben der

Stammeltern bei Bastarden in scharf abgegrenzten Flecken und Streifen bekanntlich nicht zu selten auftritt — ich verweise z. B. auf die schönen Beobachtungen von Naudin über die Blüthen des Bastardes Mirabilis Jalapa + longiflora (863, p. 32, Tab. II., *A*), die roth und weiss gestreift waren. Es ist eine Frage für sich — und Experimente darüber sind schon im Gang — ob in den Zellen eines solchen Streifens nur mehr die Anlagen für dies eine Merkmal stecken, Thatsache ist, dass sich die Anlagen für beide bei der Befruchtung, der der Keim entstammte, mit den Keimzellen vereinigten.

Ist demnach Webber's Annahme nicht nöthig, so ist sie aus andern Gründen überhaupt aufzugeben. Ein Endosperm, dessen Kleberschicht auf blassviolettem Grunde dunklere Flecken zeigt — man vergleiche etwa Fig. 55, 66 oder 71, Taf. I. —, müsste nach Webber **doppelten** Ursprungs sein: der ganz abgestuft gefärbte Grund wäre durch Befruchtung der Polkerne entstanden, die scharfen, dunklen Flecken durch parthenogenetische Entwicklung des zweiten Spermakernes. Ein *vulgata*-Korn, das durch die Bestäubung mit dem Pollen der *R. coeruleodulcis* gleichmässig heller gelb und dazu blaugesprenkelt wurde, führte zu einer ähnlichen Annahme, denn für Kategorie V müsste man mit Webber eine Befruchtung durch den Spermakern annehmen, für Kategorie IV eine parthenogenetische Entwicklung desselben; beides zugleich ist aber doch nicht möglich. Schliesslich lehrt ja auch die Entwicklungsgeschichte, dass die scheinbar homogen blaue Kleberschicht ein Stadium durchläuft, auf dem sie „gescheckt" ist (Fig. 100—102, Taf. I.), das gescheckte Xenienkorn also eigentlich einem auf diesem Stadium stehengebliebenen *cyanea*- oder *coeruleodulcis*-Korn entspricht.

III.

Die übrigen „Xenien".

Hier sollen ganz kurz die übrigen Fälle von „Xenien" zusammengestellt werden; Litteratur, die bei Focke (881) citirt ist, wird gewöhnlich nicht aufgeführt werden.

Wir können die Fälle in drei Gruppen bringen, davon sind die zwei ersten richtig beobachtet und leicht zu erklären, die dritte enthält lauter höchst zweifelhafte Fälle.

I. Fälle, wo der **Bastardembryo** die Veränderung bedingt.

1) ***Matthiola:*** Gärtner (849, p. 87), Trevor Clarke (Gard. Chron., 866, p. 588), C. Darwin (893, p. 429), Giltay (893, p. 491). — Von mir (899, p. 417 und 900, **c**, p. 102) richtig gestellt.

2) Aehnliche Angaben über **Erbsen** sind schon von Darwin (893, I, p. 429) richtig gestellt worden. Vergl. auch Mendel (866, p. 12) und Giltay (893), Correns (899, p. 417), Tschermak (900).

3) Hieher gehören einige Angaben von F. Müller-Blumenau (Botan. Zeitg. 868, Sp. 629 u. f.). *Epidendrum cinnabarinum* hat Samen, deren Embryonen an langen, fadenförmigen Embryoträgern sitzen, die andern Orchideen, z. B. *Cattleya*, fehlen. (Vergl. z. B. Goebel, Vergleich. Entwicklungsgesch., p. 173.) *Cattleya Leopoldi*, bestäubt mit *E. c.*, gab nun Samen, „in deren kurzer Samenhülle der lange Embryostiel auf die wunderlichste Weise hin- und hergebogen oder zusammengeknäuelt war". Von einem „direkten Einfluss der Bastardirung auf die durch sie erzeugte Frucht" ist keine Rede, der Träger gehört ja zum Embryo.

II. Fälle, wo das **Bastardendosperm** die Veränderung bedingt.

1) ***Zea Mais.***

2) ***Secale cereale.*** Giltay (893, p. 502 u. f.) hat beobachtet, dass „blauer" Roggen durch

Bestäubung mit dem Pollen von „rothem“ Roggen heller blau, „rother“ durch die Bestäubung mit dem Pollen von „blauem“ etwas blau wird. Da die blaue Farbe ihren Sitz in der Kleberschicht des Endosperms hat, wie schon Koernicke (885, p. 118) wusste — es handelt sich auch hier, wie ich feststellte, um die Aleuronkörner —, so haben wir einen Parallelfall zur Kreuzung von Maisrassen mit blauer und nichtblauer Kleberschicht (Vers. 7 und 8 etc.). Auch hier ist die Aenderung bei der Verbindung ♀ Blau + ♂ Nichtblau weniger auffällig, als bei der umgekehrten Verbindung, und es erklärt sich der Unterschied wohl auch in gleicher Weise.

Weiteres Suchen wird wohl noch eine Reihe hiehergehöriger Fälle kennen lehren. So werden sich sicher *Oryza sativa*, *R. II. glutinosa* und *O. s.*, *R. I. utilissima* gegenseitig beeinflussen, wie Zuckermais und gewöhnlicher Mais — ich konnte mir keinen keimfähigen Klebreis verschaffen, um das selbst zu prüfen —; ferner Klebsorghum und gewöhnliches Sorghum (A. Meyer, Berichte d. Deutsch. bot. Gesellsch. 1886, p. 341) und Klebhirse und gewöhnliche Hirse (Dafert, Landw. Jahrb. 1886, p. 837); vielleicht auch ein mehliger und ein (constant) glasiger Weizen.

III. Fälle, wo die Veränderung sich **jenseits von Embryo und Endosperm** gezeigt haben soll.

Ich hatte ursprünglich hier eine Liste der publicirten Fälle geben wollen, sah dann aber davon ab, weil ich mit den mir zur Verfügung stehenden litterarischen Hilfsmitteln etwas Vollständiges doch nicht geben kann, und die wichtigsten Beobachtungen ja von Focke (881) zusammengestellt worden sind.

Unter all den Angaben sind ganz wenige, die ernsthafter genommen werden dürfen, sei es wegen der Autorität, die für sie eintritt, sei es, dass sie sich auf Versuche beziehen, die ad hoc gemacht wurden. Kaum eine hält dem Einwurf stand, die bestäubten Rassen seien unrein gewesen; bei einzelnen lässt sich auch der umbildende Einfluss der Tradition erkennen. Bei Erbsen sahen weder Giltay (893) noch ich (899) eine Veränderung der Samenschale oder der Hülse eintreten. Meine Versuche mit *Lilium*-Arten gaben auch nur negative Resultate, und ich kann den Verdacht nicht unterdrücken, dass bei Maximovic's Beobachtung eine Etiquettenverwechslung stattfand; er merkte die Veränderung der Fruchtform erst, als er die Pflanzen fürs Herbar präparirte. — Die Bezeichnung einer *Vitis*-Rasse als Teinturier kommt nicht daher, dass der Pollen weisse Trauben blau färbt, sondern dass sie einen besonders dunklen Wein liefert, den man zum Färben anderer Weine benutzen kann. Das geht aus Puvis' Angaben (837, p. 36) sicher hervor. — Zu den am häufigsten angeführten Fällen gehören solche beim Apfelbaum, aber Oberdieck (844) hat aus eigener Erfahrung nie etwas davon gesehen, obschon seine „Proben- oder Sortenbäume“, mit vielen, auf denselben Baum gepfropften Sorten gewiss die beste Gelegenheit gegeben hätten.

Man darf natürlich nicht bei jeder beliebigen Aenderung von „Xenien“ sprechen, sondern nur dann, wenn ein selbständiges (p. 2) Merkmal bei einer Rasse auftritt, der es sonst fehlt, und wenn die den Pollen liefernde Rasse es besitzt. Aber wenn das auch zutrifft, ist noch Vorsicht nöthig; die Veränderung kann doch noch andern Ursprungs sein. Ich erinnere an die Gewichtszunahme, die die Früchte kleinkörniger Maisrassen bei der Bestäubung mit dem Pollen grosskörniger erfahren, und die eine Folge der Kreuzung „mit frischem Blut“ ist und bei der umgekehrten Bestäubung auch eintritt. So mögen sich z. B. manche der Angaben Koelreuter's und Gärtner's über die veränderte Grösse der Samen erklären. Wir wissen noch viel zu wenig, wie die Ausbildung der Samen, direct oder auf Umwegen, die Fruchtbildung bedingt, auch an enzymatische Ein-

wirkung vom Embryo aus wäre zu denken, die selbst Farbstoffbildung veranlassen könnte etc. Wirkliche „Xenien“ im alten Sinn des Wortes wären nur durch Abgabe von Idioplasma an die Mutterpflanze — sei es vom Embryo, sei es vom Endosperm — möglich.

Darwin (893, II., p. 375), dem wir die erste Zusammenstellung der einschlägigen Fälle verdanken, hat sie durch die Annahme zu erklären versucht, dass der Pollenschlauch die „gemmules“ auch an andere entwicklungsfähige Zellen der Mutterpflanze abgebe. Auf eine besondere Schwierigkeit, die Localisation der Einwirkung, hat Weismann (892, p. 504) hingewiesen. Die Ansicht Beck's (895, p. 6 d. S. A.), der davon ausgeht, dass mit der Endosmose der den Pollenschlauch ernährenden Stoffe eine Exosmose verbunden sein könne, und dass diese exosmotisch abgegebenen Stoffe das Agens zu den Veränderungen seien, mag hier nur registrirt werden. Im Uebrigen wird man gut thun, die sichere Constatirung auch nur eines Falles abzuwarten, ehe man sich eine Erklärung sucht; meine Ueberzeugung ist, dass Xenien dieser dritten Art gar nicht existiren, so wenig wie echte Pfropfhybriden (Uebertragung von Panachure und ähnliches rechne ich nicht dazu) oder, bei Thieren, Telegonie.

IX. Abschnitt.

Die Bastarde.

Die Ergebnisse im zweiten und dritten Jahr des Versuches.

I. Einfache Bastarde. II. Tripelbastarde.

Die Bastarde zwischen den verschiedenen Rassen mussten aus mancherlei Gründen aufgezogen und studirt werden. Zunächst, um Gewissheit zu erhalten darüber, dass dasselbe Pollenkorn, dem eine bestimmte Veränderung im Endosperm der damit bestäubten Pflanze zugeschrieben werden musste, sich auch bei der Bildung des Bastardembryo betheiligte, und darüber, dass ein Bastardembryo vorlag, wenn sich auch äusserlich am Endosperm kein direkter Einfluss der den Pollen liefernden Rasse zeigte. Weiter, um die Form und die Intensität, in denen sich die Eigenschaften einer Rasse I „direkt“, als „Xenien“, bei der Rasse II zeigen, vergleichen zu können mit der Form und Intensität, in denen sie sich beim Bastard II ♀ + I ♂ zeigen, d. h. die zweite Endosperm-Generation, wenn ich so sagen darf, mit der ersten. Endlich war auch die Fähigkeit des Bastardpollens, „Xenien“ zu bilden, und das Verhalten des Bastardes gegenüber dem Pollen einer Xenien bildenden Rasse zu prüfen.

Leider konnte aus rein äusserlichen Gründen nur ein kleiner Theil der 72 beschriebenen Bestäubungsversuche so weitergeführt werden. Im Folgenden soll eine Auswahl der von mir gezogenen Bastarde beschrieben werden; einige, die anderen gegenüber nichts Neues boten, sind weggelassen worden, um den Abschnitt abzukürzen.

Die bei den Versuchen benützten Methoden sind bereits angegeben worden (Abschn. IV). Beim einzelnen Bastard werden zunächst die Kolben der ersten Generation beschrieben, die man durch Selbstbestäubung erhält, dann die, welche bei der Bestäubung mit dem Pollen einer der Elternrassen oder dem einer dritten Rasse entstehen, und die Kolben, welche eine der Elternrassen oder eine dritte Rasse bei der Bestäubung mit dem Pollen des Bastardes bildet, beide Male also „Xenien"-Kolben. Dann folgt die Beschreibung der zweiten Generation etc. — Die Kenntniss dessen, was im ersten Abschnitt (p. 1—12) auseinandergesetzt wurde, ist zum Verständniss des Folgenden durchaus nöthig.

Uebersicht.

I. Einfache Bastarde.

I.	*R. alba* + *R. rubra*	Vers. 78	p. 101
II.	*R. alba* + *R. cyanea*	Vers. 79—82	p. 101
III.	*R. cyanea* + *R. rubra*	Vers. 83—86	p. 102
IV.	*R. rubra* + *R. vulgata*	Vers. 87—95	p. 105
V.	*R. Philippi* + *R. rubra*	Vers. 96	p. 110
VI.	*R. cyanea* + *R. vulgata*	Vers. 97—103	p. 110
VII.	*R. alba* + *R. nana*	Vers. 104—106	p. 116
VIII.	*R. dulcis* + *R. rubra*	Vers. 107—111	p. 119
IX.	*R. dulcis* + *R. vulgata*	Vers. 112	p. 120
X.	*R. coeruleodulcis* + *R. vulgata* . .	Vers. 113—115	p. 122
XI.	*R. acuminata* + *R. alba*	Vers. 116—117	p. 124

II. Tripelbastarde.

XII.	(*R. alba* + *R. cyanea*) + *R. dulcis* .	Vers. 118—137	p. 126.

I. Einfache Bastarde.

I. *R. alba* + *R. rubra.*

Vers. 78. 1. ♀ *R. rubra* + ♂ *R. alba.* Bestäubt mit der *R. alba.* (Forts. von Vers. 4.)

Von 3 Pflanzen, die ich castrirte und durch die *R. alba* bestäuben liess, erhielt ich je einen ziemlich kleinen (8,5—10 cm), schlecht entwickelten Kolben mit röthlichen Spelzen (wie bei der *R. rubra*) und mit Körnern, deren Fruchtschalen roth waren, bei einem etwas heller als bei den zwei andern, was aber wohl nur von der geringern Reife abhing.

II. *R. alba* + *R. cyanea.*

Erste Generation.

Vers. 79. 1. ♀ *R. alba* + ♂ *R. cyanea.* Bestäubt mit der *R. alba.* (Forts. von Vers. 7).

Ich erhielt von einer Pflanze, die rechtzeitig castrirt und der Bestäubung durch die *R. alba* überlassen worden war, einen mittelgrossen, mässig gutentwickelten Kolben, dessen Körner etwa zu 50% blau, zu 50% weiss waren. Genauere Zählungen habe ich nicht ausgeführt.

Vers. 80. 2. ♀ *R. cyanea* + ♂ *R. alba.* Bestäubt mit der *R. dulcis.* (Forts. von Vers. 7.) Das Resultat war das gleiche, wie bei dem vorhergehenden Versuch.

Zweite Generation.

Vers. 81. 3. ♀ (♀ *R. alba* + ♂ *R. cyanea*) + ♂ *R. alba.* Bestäubt mit der *R. dulcis.* **Weisse Körner** (von Vers. 79).

4 Pflanzen wurden aufgezogen, castrirt und der Bestäubung mit der *R. dulcis* überlassen. Sie brachten je einen mittellangen, mässig gut bis schlecht entwickelten Kolben mit lauter weissen, glatten Körnern.

Vers. 82. 4. ♀ (♀ *R. alba* + ♂ *R. cyanea*) + ♂ *R. alba.* Bestäubt mit der *R. dulcis.* **Blaue Körner** (von Vers. 79).

4 Pflanzen wurden aufgezogen, castrirt und der Bestäubung mit der *R. dulcis* überlassen. Sie brachten je einen mässig bis schlecht entwickelten Kolben mit lauter glatten Körnern, von denen etwa die Hälfte (oder $^3/_5$) blau, die Hälfte (oder $^2/_5$) weiss waren. Einzelne Körner bildeten Mittelstufen; so war eines zur Hälfte blau, zur Hälfte weiss, mit scharfer Grenze. Das Ergebniss meiner Zählungen ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 15.

Nummer des Kolbens.	I.	II.	III.	IV.	I—IV.	
weiss	—	21	15	34	70	**41,2%**
mehr oder weniger blau	1	22	25	52	100	**58,8%**

Das von der Kleberschicht genommene Merkmalspaar ist also schizogon, aber nur annähernd heterodynam; es gilt nur die Spaltungsregel, das Blau dominirt nicht vollkommen über das Weiss.

III. *R. cyanea* + *R. rubra.*

Erste Generation.

Vers. 83. 1. ♀ *R. cyanea* + ♂ *R. rubra,* mit eigenem Pollen bestäubt. (Fortsetzung von Vers. 17.)

Ich erzog 6 Pflanzen, die einem Handelsgärtner übergeben und der gegenseitigen Bestäubung überlassen wurden, und erhielt 6 Kolben, die zwischen 8,5 und 14 cm lang (also z. Th. länger als bei der *R. cyanea*) und theils ziemlich vollkommen, theils lückenhaft ausgebildet waren. Bei 3 Pflanzen war die Fruchtschale gelblich, bei 3 roth; die Kleberschicht war bei allen 6 Kolben bei der Mehrzahl der Körner ganz blau, bei der Minderzahl ganz weiss. Körner, bei denen sie zum (grösseren) Theil blau, zum (kleineren) Theil weiss, waren seltener. Die nachstehende Tabelle giebt das Resultat der Zählungen an den 3 Kolben mit gelblicher Fruchtschale.

Tabelle 16.

Nummer des Kolbens.	I.		II.		III.		I—III.	
weiss	24	27,9%	12	18,2%	14	18,1%	50	21,8%
etwas blau	—		—		—		—	
mittel	—		—		—		—	
stark blau	2	72,1%	—	81,8%	1	81,9%	3	78,2%
ganz blau	60		54		62		176	

Die überwiegend, aber nicht ganz blauen Körner machen nur 1,3% der Gesammtzahl und 1,7% der ± blauen Körner aus.

Nach den Mendel'schen Regeln hätten, falls das Roth der Fruchtschalen dominirt, alle Kolben Körner mit rother Fruchtschale tragen müssen, was nicht der Fall war, hätten ferner 25% der Körner keine blaue Kleberschicht besitzen dürfen, was auch annähernd zutraf.

2. ♀ *R. rubra* + ♂ *R. cyanea.* Bestäubt mit eigenem Pollen. (Fortsetzung von Vers. 18.)

Vers. 84. a. Schwarze Körner (mit stark blauer Kleberschicht, bei denen die Bestäubung durch die *R. cyanea* äusserlich sichtbar war).

Ich erzog 3 Pflanzen, die einem Handelsgärtner übergeben und der gegenseitigen Bestäubung überlassen wurden. Im selben Garten standen noch, möglichst weit entfernt, die Pflanzen des folgenden Versuches (85).

Jede Pflanze brachte einen mittelgrossen bis kleinen, mässig vollkommenen bis lückenhaft entwickelten Kolben (6 cm bis 11,5 cm); bei zweien war die Fruchtschale gelblich, bei einem roth. An allen dreien waren einzelne Körner nicht reif geworden, unter der faltig abgehobenen Fruchtschale war aber das kleine, geschrumpfte Endosperm doch noch so weit entwickelt, dass die Farbe der Kleberschicht festgestellt werden konnte. Bei der Mehrzahl der Körner (etwa 75%) war die Kleberschicht blau, bei der Minderzahl (etwa 25%) weiss; die Uebergangsformen selten. Die nachstehende kleine Tabelle giebt das Resultat meiner Zählungen an den zwei Kolben mit gelblichen Fruchtschalen; die unreifen Körner konnten mitgezählt werden. Bei dem „rothen" Kolben unterblieb die Zählung, ihrer Schwierigkeit halber.

Tabelle 17.

Nummer des Kolbens.	I.		II.		I—II.	
weiss	12	32,4%	26	21,9%	38	24,4%
etwas blau	—		—		—	
mittel	—		1	78,1%	1	75,6%
stark blau	—		9		9	
ganz blau	25	67,6%	83		108	

Die mittel oder stark blauen Körner machen nur 6,4% der Gesammtzahl und **8,5%** der ± blauen Körner aus.

Fig. 16, Taf. II.

Vers. 85. b. Rothe Körner (mit weisser oder etwas blauer Kleberschicht, bei denen die Bestäubung durch die *R. cyanea* äusserlich nicht sichtbar war).

Ich erzog 3 Pflanzen, die einem Handelsgärtner übergeben und der Selbstbestäubung überlassen wurden. In demselben, sehr grossen Garten standen, möglichst weit entfernt, die Pflanzen des vorigen Versuches (84). Jede Pflanze brachte einen grossen, gut bis ziemlich lückenhaft besetzten Kolben (bis 16,5 cm), bei zweien waren die Fruchtschalen gelblich, bei einer roth. Die Kleberschicht war bei der Mehrzahl der Körner (ca. 75%) mehr oder weniger blau, bei der Minderzahl (ca. 25%), weiss, die Uebergangsformen (zu Blau gerechnet) zahlreich. Da eine Untersuchung des rothen Kolbens sehr umständlich gewesen wäre, beschränkte sich die Zählung auf die zwei Kolben mit gelblicher Fruchtschale. Die nachstehende Tabelle giebt das Resultat.

Tabelle 18.

Nummer des Kolbens.	I.		II.		I—II.	
weiss	36	**23,7%**	42	**23,7%**	78	**23,7%**
etwas blau	5		15		20	
mittel	18	**76,3%**	25	**76,3%**	43	**76,3%**
stark blau	26		26		52	
ganz blau	67		69		136	

Die nur etwas, mittel und stark blauen Körner machen etwa $^1/_3$ der Gesammtzahl aus, nämlich 34,9%, und fast $^1/_2$ der ± blauen Körner, nämlich **45,8%**.

Fig. 15, Taf. II.

Das Ergebniss der Versuche 84 und 85 spricht nicht dafür, dass die Mendel'schen Regeln für die Farbe der Fruchtschale gelten, bestätigt dagegen den schon aus Versuch 83 abgeleiteten Schluss, dass sich die Farbe der Kleberschicht nach der Spaltungsregel richtet; auch hier sind etwa 75% der Körner mehr oder weniger blau, doch dominirt das Blau nicht eigentlich.

Vers. 86. 3. ♀ ***R. rubra*** + ♂ ***R. cyanea.*** Bestäubt mit der ***R. alba.*** (Fortsetzung von Vers. 18.)

Rothe Körner, wie bei Versuch 85.

Ich erzog 6 Pflanzen unter solchen von der *R. alba* und castrirte sie rechtzeitig, sodass sie von der *R. alba* bestäubt wurden. 5 brachten je einen Kolben mit gelblichen Fruchtschalen, eine einen Kolben mit rothen, alle 6 Kolben waren mässig gut bis fast vollkommen entwickelt und trugen glatte Körner, von denen $^1/_4$ bis $^2/_5$ eine mehr oder weniger blaue Kleberschicht besassen, relativ wenige eine intensiv blaue, viele eine gefleckte oder schwach blaue, bis herab zu eben erkennbaren Spuren von Blau. Genaue Zählungen habe ich nur an den fünf Kolben mit gelblichen Fruchtschalen ausgeführt, ihr Resultat bringt Tabelle 19.

Tabelle 19.

Nummer des Kolbens.	I.		II.		III.		IV.		V.		I—V.		III—V.	
weiss	91	**67,4%**	84	**56,4%**	115	**72,8%**	108	**74,5%**	65	**72,2%**	463	**68,5%**	288	**73,3%**
mehr oder weniger blau	43	**32,6%**	65	**43,6%**	43	**27,2%**	37	**25,5%**	25	**27,8%**	213	**31,5%**	105	**26,7%**
und zwar von den ± blauen:														
etwas blau	5		8		3		5		5		26	**12,2%**	13	**12,4%**
mittel	9		8		10		11		6		44	**20,7%**	27	**25,7%**
stark blau	19		25		22		5		6		77	**36,2%**	33	**31,4%**
ganz blau	10		24		8		16		8		66	**30,9%**	32	**30,5%**

Vergleicht man die Procentzahlen der mehr oder weniger blauen Körner bei den einzelnen Kolben, so sieht man, dass drei Kolben zusammengehören (III, IV, V), hier sind die Zahlen im Maximum um 2,3% verschieden, einer (II) steht ganz für sich allein (43%), und einer (I) vermittelt.

So schwankend ferner die Procentzahlen für die einzelnen Stufen, in denen das Blau auftritt, bei den einzelnen Kolben sind, so zeigt doch der Vergleich zwischen jenen, die sich auf die Gesammtheit der 5 Kolben beziehen (I—V), und jenen, die zu Kolben III—V gehören, deutlich, dass auch hier eine Gesetzmässigkeit herrscht, die Zahlen könnten sonst nicht so gut übereinstimmen.

Nach den Mendel'schen Regeln hätten alle Pflanzen Kolben mit derselben Fruchtschale bringen müssen, und zwar rothe, was nicht der Fall war. Besser stimmt, dass 25% bis 43% der Körner eine mehr oder weniger blaue Kleberschicht besassen. Denn 50% der ♀ Sexualzellen sollten nur mehr die Anlage für eine blaue, die anderen 50% die für eine weisse Kleberschicht besitzen. Dass die Procentzahl der blauen Körner zum Theil viel geringer ist und nur die Hälfte beträgt, weist darauf hin, dass der Pollen der *R. alba* hier viel stärker Xenien bildend wirkt, als gegenüber der reinen *R. cyanea*. Dass diese Auffassung richtig ist, beweisen die Vers. 118—127.

IV. *R. rubra* + *R. vulgata.*

Erste Generation.

Vers. 87. 1. ♀ ***R. rubra*** + ♂ ***R. vulgata.*** Bestäubt mit eigenem Pollen. (Fortsetzung von Vers. 21.)

6 Pflanzen wurden bei einem Handelsgärtner gezogen und der Selbstbestäubung überlassen, dicht dabei stunden 6 der umgekehrten Verbindung (♀ *R vulgata* + ♂ *R. rubra*, Vers. 88), deren Pollen also auch auf die Narben kommen konnte. Ich erhielt durchschnittlich je zwei lange (bis 16 cm), fast stets gut ausgebildete Kolben. Bei denen von 4 Pflanzen war die Fruchtschale gelblich, bei denen von 2 Pflanzen roth, bei der einen etwas heller als bei der andern. Kein Korn war roth gestreift oder roth gefleckt. Bei den Kolben mit gelblicher Fruchtschale war sofort zu sehen, dass

das Endosperm bei der Mehrzahl der Körner, etwa bei $^3/_4$, entschieden gelb war, aber mit starken Schwankungen in der Intensität, bei der Minderzahl, etwa bei $^1/_4$, entschieden weiss; nur bei wenigen Körnern jedes Kolbens konnte man zweifeln, ob sie zu der einen oder der andern Kategorie zu stellen seien. Weiss und gelb gefleckte Körner kamen nicht vor, doch gab es welche, bei denen die Kuppe, mit allmähligem Uebergang, entschieden heller war. Angeschnitten zeigten die Körner der rothen Kolben ebenfalls theils gelbes, theils weisses Endosperm, meist gelbes. Genaue Zählungen wurden nur an je einem Kolben der vier Pflanzen mit gelblicher Fruchtschale angestellt; das Resultat ist in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 20.

Nummer des Kolbens.	I. 1.		II. 1.		III. 1.		IV. 1.		I. 1.—IV. 1.	
weiss	47	**20,7%**	56	**21,2%**	66	**28,8%**	8	**9,5%**	177	**22%**
mittel	9	**79,3%**	32	**78,8%**	2	**71,2%**	2	**90,5%**	45	**78%**
stark oder ganz gelb	171		176		161		74		582	

Die mittleren Körner machen im Durchschnitt 5,6% der Gesammtzahl aus; beim einzelnen Kolben dagegen zwischen 0,87 und 13,1%.

2. ♀ ***R. vulgata*** + ♂ ***R. rubra.*** Bestäubt mit eigenem Pollen. (Fortsetzung von Vers. 22.)

Vers. 88. 6 Pflanzen wurden bei einem Gärtner gezogen und der Selbstbestäubung überlassen; dabei stunden die 6 Pflanzen des vorhergehenden Versuches (87), deren Pollen jedenfalls auch auf die Narben gelangte. Sie gaben ebenfalls durchschnittlich je zwei sehr gut entwickelte (bis 21,5 cm lange) Kolben. Bei denen von 2 Pflanzen waren die Fruchtschalen roth, bei denen von 4 Pflanzen gelblich. Bei diesen war sofort zu sehen, dass das Endosperm bei der Mehrzahl der Körner ausgesprochen gelb war, wenn auch von schwankender Intensität (bei ca. 79%), bei der Minderzahl ausgesprochen weiss (bei ca. 21%); bei einigen Körnern war eine ausgesprochen intermediäre Färbung vorhanden. Die Kolben mit rothen Fruchtschalen verhielten sich genau gleich, wie ich durch Anschneiden der Körner leicht nachweisen konnte. Genauere Zählungen wurden aber nur bei einem derartigen Kolben gemacht, während von denen mit gelblichen Fruchtschalen 3 durchgezählt wurden, 2 davon stammten von derselben Pflanze. In Tabelle 21 sind die Resultate zusammengestellt.

Tabelle 21.

Fruchtschale:	Gelblich.								Roth.	
Nummer des Kolbens.	I. 1.		I. 2.		II.		I, 1, I, 2, II.		III.	
weiss	57	**21,9%**	33	**20,6%**	50	**21,9%**	140	**21,4%**	50	**21,9%**
mittel	4	**78,1%**	7	**79,4%**	7	**78,1%**	18	**78,6%**	?	**78,1%**
stark oder ganz gelb	199		120		176		495		178	

Die „mittleren“ Körner machen bei den ersten drei Kolben 2,8% der Gesammtzahl aus, für den dritten wurden sie nicht extra bestimmt, sondern zu den gelben gerechnet.

Vers. 89. Derselbe Bastard war schon früher gezogen worden, aus Material, das in einem andern Jahr erhalten worden war. 5 Pflanzen wurden einem Handelsgärtner übergeben und der gegenseitigen Bestäubung überlassen, sie brachten je einen oder zwei lange (bis 19,7 cm), zum Theil ganz vollkommene Kolben. Bei allen war die Fruchtschale roth, und das Endosperm bei der Mehrzahl der Körner gelb, bei der Minderzahl weiss. Das Zahlenverhältniss beider wurde aber nur für einen Kolben festgestellt. Auf 154, deren Endosperm entschieden gelb war, kamen 49 mit entschieden weissem Endosperm, und eines von ausgesprochen intermediärer Färbung; es war also bei etwa 76% der Körner gelb und bei 24% weiss, etwas öfter, als bei vorigem Versuch.

Für die Farbe der Fruchtschalen scheint die Prävalenzregel also auch hier gar nicht zu gelten, auch gilt sie nur annähernd für die Farbe des Endosperms, für die die Spaltungsregel dagegen sicher gilt.

Zweite Generation.

Vers. 90. 3. ♀ *R. vulgata* + ♂ *R. rubra.* Bestäubt mit eigenem Pollen.

Weisse Körner (von einem Kolben mit gelblichen Fruchtschalen, von Vers. 88, wie bei den 5 folgenden Versuchen).

4 Pflanzen, die bei einem Handelsgärtner gezogen und der gegenseitigen Bestäubung überlassen worden waren, gaben zahlreiche, aber meist unvollkommene (im Maximum 13 cm lange) Kolben. Bei denen zweier Pflanzen waren die Fruchtschalen gelblich, bei denen der dritten roth; bei denen der vierten endlich gelblich, bis auf die eines kleinen Kolbens, von dessen Körnern einige um den Griffelrest herum auffällig krapproth waren. Das Endosperm war immer weiss oder ganz schwach gelblich, nicht mehr, als auch bei meiner reinen *R. alba* vorkam.

Vers. 91. 4. ♀ *R. vulgata* + ♂ *R. rubra.* Bestäubt mit eigenem Pollen.

Gelbe Körner (von einem Kolben mit gelblichen Fruchtschalen, von Vers. 88).

3 Pflanzen wurden bei einem Gärtner gezogen und der gegenseitigen Bestäubung überlassen. Eine blieb ganz steril, die beiden andern gaben zusammen 3 mittelgrosse bis kleine, mässig dicht bis schlecht besetzte Kolben. Bei allen waren die Fruchtschalen roth und das Endosperm (bei allen angeschnittenen Körnern) entschieden gelblich oder gelb; vom grössten Kolben wurden 51 Körner genau geprüft.

Vers. 92. 5. ♀ *R. vulgata* + ♂ *R. rubra.* Bestäubt mit eigenem Pollen. (Körner von Vers. 88.)

Fruchtschale tiefroth (da die Körner des Maisbrandes wegen sterilisirt werden sollten, wurde die Farbe des Endosperms nicht festgestellt).

5 Pflanzen, bei einem Handelsgärtner gezogen, konnten sich gegenseitig bestäuben. In ihrer Nähe stunden auch noch die 4 Pflanzen des folgenden Versuches (93). Sie gaben je 2 bis 4 mittelgrosse bis ziemlich grosse, mässig bis gut entwickelte Kolben. Die von 3 Pflanzen hatten rothe Fruchtschalen von normaler, tiefer Farbe, die von 2 gelbliche. Das Endosperm verhielt sich sehr verschieden, je nach der Pflanze: es wurden deshalb für jede wenigstens an einem Kolben Zählungen gemacht, die in den nachstehenden Tabellen zusammengestellt sind.

Tabelle 22.

Fruchtschale gelblich.

Nummer des Kolbens.	I, 1.		I, 2.		I, 3.		I, 4.		II, 1.		II, 2.		II, 1, 2.	
weiss und gelblich	102	**96,2%**	121	**98,4%**	6	**75%**	19	**65,5%**	67	**47,5%**	44	**30,1%**	111	**39,1%**
gelb und fast gelb	4	**3,8%**	2	**1,6%**	2	**25%**	10	**34,5%**	74	**52,5%**	99	**69,9%**	173	**60,9%**

Fruchtschale roth.

Nummer des Kolbens.	III.[1])		IV.[2])		V.	
weiss und gelblich	4	**23,5%**	—	—	38	**56,7%**
gelb und fast gelb	13	**76,5%**	50	**100%**	29	**43,3%**

Die Procentzahl der Körner mit gelbem Endosperm schwankte also zwischen 1,6 und 100!

Vers. 93. 6. ♀ *R. vulgata* + ♂ *R. rubra.* Bestäubt mit eigenem Pollen.

Fruchtschale hellroth (Körner von Versuch 88. Auch hier war die Farbe des Endosperms nicht festgestellt worden).

4 Pflanzen wurden, neben denen des vorhergehenden Versuches, bei einem Handelsgärtner erzogen, ausser dem eigenen Pollen konnte also der von jenen Pflanzen auf die Narben gelangen. Sie gaben je 1 bis 4 mittelgrosse (ausnahmsweise grosse oder kleine), gut bis ganz mangelhaft entwickelte Kolben. Die von 2 Pflanzen hatten rothe Fruchtschalen, und zwar von der gewöhnlichen, tiefen Farbe, die von den 2 andern gelbliche. Die Farbe des Endosperms variirte in ähnlicher Weise, wie bei dem eben beschriebenen Versuch; ich habe auch hier einige Zählungen ausgeführt, die in der untenstehenden Tabelle zusammengefasst sind.

Tabelle 23.

Fruchtschale:	Gelblich.				Roth.			
Nummer des Kolbens.	I.		II.		III.		IV.[3])	
weiss und gelblich	—	—	47	**68,1%**	7	**14,3%**	1	**25%**
fast und ganz gelb	∞	**100%**	22	**31,9%**	42	**85,7%**	3	**75%**

[1]) Nur 1 Longitudinalreihe am Kolben gezählt.
[2]) Nicht alle Körner gezählt.
[3]) Nur 4 Körner geprüft.

Auch hier schwankt also die Zahl der Körner mit gelbem Endosperm in sehr weiten Grenzen; sie kann 32% oder 100% ausmachen.

Bemerkung zu den Versuchen 91 bis 93. Wäre jede Pflanze für sich allein gezogen und mit eigenem Pollen bestäubt worden, so wären die Pflanzen, resp. ihre Kolben, nach der Beschaffenheit des Endosperms der Körner in drei Kategorien zu bringen gewesen: 1) solche mit lauter weissen Endospermen, 2) solche mit lauter gelben und 3) solche mit 75% gelben und 25% weissen. Dadurch, dass alle durcheinander standen und sich gegenseitig bestäubten, wobei Xenien und Rückkreuzungen entstehen mussten, wurden die drei Klassen verwischt. Immerhin ist noch deutlich, dass I von Tabelle 22 zur Klasse 1, IV von Tabelle 22 und I von Tabelle 23 zur Klasse 2 gehörten.

Dass Klasse 1 von Klasse 2 + 3 getrennt werden kann, zeigen Versuch 90 und 91; dass die Trennung auch für Klasse 2 und 3 möglich ist, soll nun noch gezeigt werden.

Vers. 94. 7. ♀ *R. vulgata* + ♂ *R. rubra.* Bestäubt mit eigenem Pollen.

Hellgelbe Körner (von einem Kolben mit gelblicher Fruchtschale, von Vers. 88).

8 Pflanzen wurden bei einem Handelsgärtner gezogen und der gegenseitigen Bestäubung überlassen. Sie brachten je zwei (oder ausnahmsweise nur einen) Kolben, die mittelgross bis gross (ausnahmsweise klein) und meist gut bis vollkommen entwickelt waren. Bei 6 Pflanzen waren die Fruchtschalen gelblich, bei 2 Pflanzen dagegen roth. Das Endosperm war bei der Mehrzahl der Körner aller Kolben ganz oder deutlich gelb, bei der Minderzahl weiss oder blassgelblich, daneben gab es immer noch einzelne mit intermediär gefärbtem Endosperm. Genaue Zählungen wurden aber nur an einem Kolben gemacht. Ihr Resultat bringt Tabelle 24.

Tabelle 24.

Nummer des Kolbens.	I.	
weiss oder gelblich	39	21,9%
mittel	7	78,1%
fast oder ganz gelb	132	

Die mittleren Körner machen etwa 4% der Gesammtzahl aus.

Vers. 95. 8. ♀ *R. vulgata* + ♂ *R. rubra.* Bestäubt mit eigenem Pollen.

Tiefgelbe Körner (von einem Kolben mit gelblicher Fruchtschale, von Vers. 88).

Von 6 Pflanzen, die Herr Professor Hegelmaier in seinen Garten zu nehmen so freundlich war, und die weit auseinander gesetzt worden waren, also sich wohl meist selbst bestäubten, erhielt ich 8 mittelgrosse, meist schlecht entwickelte Kolben. Alle trugen lauter tiefgelbe Körner mit gelblicher Fruchtschale, kein Korn war merklich heller als die andern.

Die Trennung von Klasse 2 und 3 wird dadurch ermöglicht, dass die Körner, die der Vereinigung von Sexualzellen mit ungleichen Anlagen ihre Existenz verdanken (♀ weiss + ♂ gelb und ♀ gelb + ♂ weiss), zum Theil äusserlich als „Xenien" von jenen unterschieden werden können, die durch die Vereinigung von Sexualzellen mit gleichen Anlagen (gelb + gelb) entstanden sind, weil das Gelb nicht immer völlig über das Weiss dominirt.

Das Merkmalspaar von der Farbe des Endosperms ist also noch homodynam, aber fast heterodynam, und schizogon, das von der Farbe der Fruchtschale ebenfalls schizogon.

V. *R. Philippi* + *R. rubra.*

Vers. 96. 1. ***R. alba,*** bestäubt mit dem Pollen des Bastardes ♀ ***R. rubra*** + ♂ ***R. Philippi.*** (Fortsetzung von Vers. 24.)

3 *alba*-Pflanzen wurden rechtzeitig castrirt und in der angegebenen Weise bestäubt. Sie trugen je einen mässig entwickelten Kolben, die Fruchtschalen waren, wie zu erwarten war, völlig unverändert geblieben, dagegen war etwa bei der Hälfte der Körner das Endosperm gelb geworden, in allen Abstufungen von blassgelb bis fast zu gelborange, ohne dass die Nuance der *R. Philippi* wirklich erreicht worden wäre. Tabelle 25 giebt die Resultate meiner Zählungen an den 3 Kolben. Sie waren bei dem allmähligen Übergang zwischen weiss und gelb sehr schwierig und sind natürlich nur näherungsweise genau.

Tabelle 25.

Nummer des Kolbens.	I.		II.		III.		I., II., III.	
weiss und gelblich	37	**47,4**%	70	**56,4**%	38	**50,7**%	145	**52,3**%
mehr oder weniger gelb	41	**52,6**%	54	**43,6**%	37	**49,3**%	132	**47,7**%
und zwar:								
hellgelb	23	29,5%	37	29,8%	26	34,7%	86	31%
gelb	18	23,1%	17	13,7%	11	14,7%	46	16%

Das Resultat entsprach ganz dem, was nach den Mendel'schen Regeln zu erwarten war. Da von den Pollenkörnern des Bastardes nur die Hälfte die Anlage für Gelb enthielt, konnten höchstens 50% der *alba*-Körner Xenien werden, dass aber fast alle möglichen Xenien wirklich als solche kenntlich waren, liess sich nach dem Ergebniss des Bestäubungsversuches ♀ *R. alba* + ♂ *R. vulgata* (11) erwarten.

VI. *R. cyanea* + *R. vulgata.*

Erste Generation.

Vers. 97. 1. ♀ ***R. vulgata*** + ♂ ***R. cyanea.*** Bestäubt mit eigenem Pollen. (Fortsetzung von Vers. 28.)

Ich erzog 7 Pflanzen, die sich gegenseitig bestäuben konnten, und erhielt 7 kurze bis ziemlich lange, fast vollkommen bis sehr lückenhaft entwickelte Kolben. Das Endosperm war beim grösseren

Theil der Körner gelb, beim kleineren weiss, unentschiedene Färbungen fehlten, die Kleberschicht bei der Minderzahl dem übrigen Endosperm gleich (gelb oder weiss), bei der Mehrzahl in allen Abstufungen blau gefärbt, von homogenem Tiefbau, das die Farbe des übrigen Endosperms ganz verdeckte, durch Blassblau, homogen oder dunkler gesprenkelt, bis zu Gelb und Weiss mit blauem Hauch oder einzelnen, oft winzigen blauen Flecken. Dazu schwankte noch, auch beim selben Korn, die Nuance zwischen Blau und Rothviolett.

Nachstehende kleine Tabelle giebt die Resultate meiner Zählungen für Blau an 3 Kolben, an einem, dessen Gesammtfarbe besonders viel Blau aufwies, und an zwei, die besonders wenig Blau zu enthalten schienen.

Tabelle 26.

Nummer des Kolbens.	I.		II.		III.		I—III.	
ganz ohne Blau	37	**23,9%**	23	**27,1%**	47	**32,2%**	107	**27,7%**
etwas blau	6		3		3		12	
mittel	12	**76,1%**	6	**72,9%**	9	**67,8%**	27	**72,3%**
stark blau	64		22		21		107	
ganz blau	36		31		66		133	

Für die Körner, die gar keine Spuren von Blau zeigten, wurde die Farbe des Endosperms festgestellt, wie Tabelle 27 zeigt:

Tabelle 27.

Nummer des Kolbens.	I.		II.		III.		I.—III.	
weiss oder gelblich	11	**29,7%**	5	**21,7%**	10	**21,3%**	26	**24,3%**
überwiegend oder ganz gelb	26	**70,3%**	18	**78,3%**	37	**78,7%**	81	**75,7%**

Von der Gesammtzahl aller Körner sind gelb ohne Spur von Blau 20,97%, weiss ohne Spur von Blau 6,7%.

Die Spaltungsregel gilt also sicher, beide Merkmalspaare sind schizogon. Die Tabelle 28 stellt die gefundenen und die berechneten Werthe zusammen.

Tabelle 28.

	mehr oder weniger blau	nicht blau	gelb	weiss
Berechnet	**75,0%**	25,0%	18,75%	6,25%
Gefunden	**72,3%**	27,7%	20,97%	6,7%

Dass die Zahl der Körner ohne Blau grösser ausgefallen ist, als berechnet wurde, erklärt sich durch die „Xenien"bildung, bei der ja die Prävalenzregel nur annähernd gilt.

Vers. 98. 2. ♀ ***R. vulgata*** + ♂ ***R. cyanea.*** Bestäubt mit der ***R. vulgata.*** (Fortsetzung von Vers. 28.)

Ich erzog 5 Pflanzen, die castrirt und der Bestäubung durch die *R. vulgata* überlassen wurden, und erhielt 6 Kolben, die mittellang bis lang und mässig gut bis schlecht entwickelt waren. Das Endosperm war bei allen Körnern mehr oder weniger gelborange, bei manchen genau wie bei der *R. vulgata*; nur wenige waren so hell, dass sie deutlich an die der *R. alba* erinnerten. Die Kleberschicht war etwa bei der Hälfte der Körner mehr oder weniger blau, wie beim vorigen Versuch; je nach der Intensität dieser Färbung trat die des übrigen Endosperms hervor oder verschwand. Auffallend war noch die geringe Zahl gefleckter Körner, während Mittelbildungen durch Abstufung der Intensität bei homogener Färbung sehr zahlreich waren. Die Resultate meiner Zählungen an 4 Kolben sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 29.

Nummer des Kolbens	I.		II.		III.		IV.		I., III., IV.	
gelb	89	**51,1%**	35	**46,1%**	22	**50%**	37	**52,1%**	148	**51,2%**
etwas blau	1				1		—		2	
mittel	13	**48,9%**	41	**53,9%**	1	**50%**	6	**47,9%**	20	**48,8%**
stark blau	45				10		18		73	
ganz blau	26				10		10		46	

Nach der Spaltungsregel war dieses Ergebniss zu erwarten. 50% der Körner durften gar kein Blau zeigen. Ebenso mussten 50% der Körner beim übrigen Endosperm das reine Gelborange der *R. vulgata* zeigen und 50%, als Xenien, verschiedene Abstufungen desselben. Dass diese helleren Körner bald eine Kleberschicht von der gleichen Farbe, bald eine mehr oder weniger blaue besassen, war leicht festzustellen; Zählungen schienen mir aber zu unsicher zu sein.

Vers. 99. 3. ***R. alba.*** Bestäubt mit dem Pollen des Bastardes ♀ ***R. vulgata*** + ♂ ***R. cyanea.*** (Fortsetzung von Vers. 28.)

9 Pflanzen der *R. alba* wurden abwechselnd mit 7 des genannten Bastardes in zwei Reihen gepflanzt und zur rechten Zeit castrirt. Sie trugen je einen, meist ziemlich vollkommenen Kolben; zwei Kolben waren zwergig und lückenhaft. Die Körner waren zum grössten Theil deutlich Xenien. Es musste auf den ersten Blick auffallen, dass sich hiebei das Gelb und das Blau verschieden verhielten. Alle Kolben enthielten etwa gleich viel weisse und gelbe Körner, in allen Abstufungen von hellgelb bis gelborange. Das Blau trat dagegen nur bei 6 Kolben auf, bei 3, darunter freilich bei den zwei Zwergen, fehlte es ganz. Von den 6 andern zeigte ferner einer nur schwach blau überlaufene Körner, bei den übrigen 5 schwankte dagegen die Intensität zwischen dem leichtesten, eben noch erkennbaren blauen Hauch und einzelnen blassen Punkten einerseits, homogenem Dunkelblau andererseits; diese letzten Körner waren aber selten. Die Zahl der mehr oder weniger blauen Körner bewegte sich

zwischen 14% und 50%, je grösser sie ist, desto grosser ist auch (nicht nur absolut, sondern auch relativ) die Zahl der intensiv gefärbten.

Sind die Anlagen für das Gelb und das Blau von einander unabhängig, so muss etwa die Hälfte der blauen Körner weisses, die Hälfte gelbes Endosperm besitzen. Das ist auch wirklich annähernd der Fall; die Combination von Weiss und Blau ist etwas häufiger beobachtet worden, als die von Gelb und Blau (56%: 44%), doch ist das nur zufällig, bei zwei Kolben überwog umgekehrt die zweite Combination, bei einem (III) sogar sehr auffällig.

Die Ergebnisse meiner Zählungen sind in Tabelle 30 zusammengestellt; ich bemerke noch, dass E Endosperm, K Kleberschicht bedeutet.

Tabelle 30.

Nummer des Kolbens.	I.		II.		III.		IV.		V.		VI.		VII.		I—VII.	
		%		%		%		%		%		%		%		%
E & K weiss	41	47,1	38	40,4	20	48,8	56	41,2	17	26,6	38	26,2	29	29,9	239	36,0
E & K hellgelb bis gelb	46	52,9	42	44,7	15	36,6	46	33,8	25	39,1	45	31,0	20	20,6	239	36,0
E weiss, K ± blau	—		11	11,7	1	2,4	24	17,7	16	25,0	28	19,3	25	25,8	105	15,8
und zwar:																
E weiss, K etwas blau	—		11		—		14		10		6		4		45	
E weiss, K mittel blau	—		—		—		1		1		2		4		8	
E weiss, K stark blau	—		—		1		9		5		20		17		52	
E gelb, K ± blau	—		3	3,2	5	12,2	10	7,3	6	9,4	34	23,5	23	23,7	81	12,2
und zwar:																
E gelb, K etwas blau	—		3		1		2		3		5		3		17	
E gelb, K mittel blau	—		—		1		6		—		9		8		24	
E gelb, K stark blau	—		—		3		2		3		20		12		40	

Das Ergebniss lässt sich so zusammenfassen:

Tabelle 31.

Nummer der Kolben.	I—VII.		Nummer der Kolben.	I—VII.	
E weiss	344	51,8%	K weiss oder gelb	478	72,0%
E ± gelb	320	48,2%	K ± blau	186	28,0%

Fig. 17, Taf. II.

Nach den Regeln war zu erwarten, dass höchstens je die Hälfte der *alba*-Körner das Gelb und das Blau als Xenien zeigen würde, weil in der Hälfte der Bastard-Pollenkörner nur die Anlage für Weiss stecken musste. Dass einerseits fast alle möglichen 50% *alba*-Körner auch wirklich gelb wurden, stimmt so genau zum Ergebniss des Bestäubungsversuches ♀ *alba* + ♂ *vulgata* (Vers. 11), wie andererseits die Thatsache, dass nur etwa die Hälfte der möglichen 50%, also nur ca. 25%, auch wirklich mehr oder weniger blau wurden, zum Ergebniss des Bestäubungsversuches ♀ *alba* + ♂ *cyanea* (Vers. 7) stimmt.

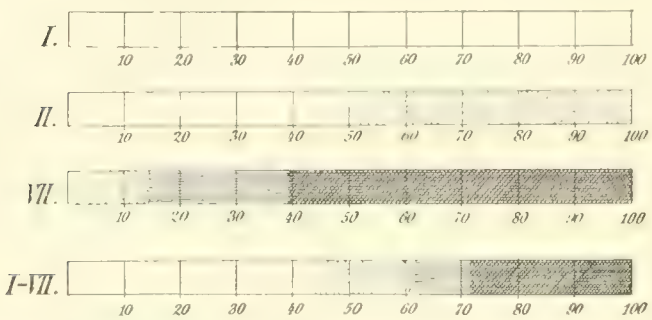


Fig. 30. Xenienkolben der Abstammung *R. alba*, bestäubt mit dem Bastard *R. vulgata* + *R. cyanea* (Vers. 99).

Graphische Darstellung der Procentzahlen, in denen die ganz und stark blauen (doppelt schraffirt), mittleren (einfach schraffirt), etwas blauen (punktirt) und weissen Körner (weiss gelassen) unter den Körnern von der Abstammung ♀ K weiss oder gelb + ♂ K blau auftreten, bei Kolben I, II (Minimum) und VII (Maximum), so wie im Mittel bei allen sieben Kolben.

Unverständlich bleibt zunächst, warum bei drei Kolben gar kein Blau aufgetreten ist. Die Bastarde waren sicher echt gewesen (es sind die von Vers. 28), und die *alba*-Pflanzen sicher castrirt, auch zeigte sich das Gelb ja durchaus in derselben Weise, wie bei den andern Kolben.

Fig. 30 soll das ungleich starke Auftreten des Blau anschaulicher machen, als es die blossen Zahlen können; in der Erklärung ist das zum Verständniss nöthige gesagt.

Zweite Generation.

Vers. 100. 4. ♀ ***R. vulgata*** + ♂ ***R. cyanea.*** Bestäubt mit eigenem Pollen.

Weisse Körner (ohne Spur von Blau, von Vers. 97).

Ich erhielt von 4 Individuen, die bei einem Handelsgärtner mit grösstmöglichem gegenseitigem Abstand ausgepflanzt worden waren, nur zwei kleine Kolben, einen mit 10, einen mit 4 Körnern, die weiss waren und ganz der *R. alba* entsprachen. Dies war nach der Spaltungsregel zu erwarten; die schlechte Entwicklung der Kolben ist hier, wie in den folgenden zwei Versuchen, darauf zurückzuführen, dass die Selbstbefruchtung unmöglich oder unwirksam war und für die ausgiebige wechselseitige Bestäubung die Pflanzen zu weit auseinander stunden.

Vers. 101. 5. ♀ ***R. vulgata*** + ♂ ***R. cyanea.*** Bestäubt mit eigenem Pollen.

Gelbe Körner (ohne Spur von Blau, von Vers. 97).

Von 5 Individuen, die bei einem Gärtner mit möglichst grossem gegenseitigem Abstand ausgepflanzt worden waren, erhielt ich nur einen kleinen Kolben mit 14 Körnern. Davon waren 6 gelborange, 7 gelblich bis weiss, eines intermediär, eher gelblich als gelb. Auch dieses Ergebniss stimmt mit der Spaltungsregel, wenn wir annehmen, das Individuum sei aus der Verbindung (K nicht blau, E weiss + K nicht blau, E gelb) entstanden. Dass die hellen Körner mehr als 50% statt nur 25% ausmachen, wäre dann eine durch die kleine Zahl erklärbare, zufällige Erscheinung.

Vers. 102. **6.** ♀ *R. vulgata* + ♂ *R. cyanea.* Bestäubt mit eigenem Pollen.

Blaue Körner mit weissem Endosperm (von Vers. 97).

Von 5 Individuen, die bei einem Gärtner möglichst weit von einander ausgepflanzt worden waren, erhielt ich nur zwei Kolben, jeden mit einem einzigen Korn. Bei beiden war die Kleberschicht blau, beim einen homogen und intensiv, beim andern gesprenkelt, aber auch intensiv; das Endosperm war dagegen nur beim einen weiss, beim andern gelb. Dies Ergebniss war nach der Spaltungsregel nicht zu erwarten, lässt sich aber erklären (auch ohne dass man Xenienbildung durch ein angeflogenes Pollenkorn der *R. vulgata* annimmt), wenn man sich erinnert, dass ausnahmsweise ein mit *vulgata*-Pollen bestäubter *alba*-Fruchtknoten ein fast unverändertes *alba*-Korn hervorbringt, und annimmt, dass gerade ein solches, der Verbindung (K blau, E weiss + K blau, E gelb) oder (K nichtblau, E weiss + K blau, E gelb) etc. entsprungenes Korn ausgesät worden sei. Spuren von Gelb sind kaum zu erkennen, wenn die Kleberschicht ganz blau ist, auch wenn man das Korn anschneidet.

Vers. 103. **7.** ♀ *R. vulgata* + ♂ *R. cyanea.* Bestäubt mit eigenem Pollen.

Blaue Körner mit gelbem Endosperm (von Vers. 97).

Von 4 Pflanzen, die bei einem Handelsgärtner ausgepflanzt worden waren, brachten 3 je einen Kolben; einer davon war ziemlich vollkommen, die übrigen mangelhaft. Dass das Resultat hier ein relativ günstiges war, ist darauf zurückzuführen, dass derselbe, sehr grosse Garten noch zu einem zweiten Versuch benutzt werden sollte, die Pflanzen also näher bei einander standen und sich gegenseitig bestäuben konnten. Bei allen drei Kolben war die Mehrzahl der Körner ausgesprochen blau, bei zweien (I, III) war das Endosperm bei allen Körnern gelborange, beim dritten (II) beim grösseren Theil der Körner gelborange, beim kleineren dagegen rein weiss. Ich habe, so gut es gehen wollte, die Zahlen ermittelt, sie sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 32.

Nummer des Kolbens.	I.		II.		III.	
weiss	—		3		—	
gelb	21	**55,3%**	49	**36,9%**	27	**27,3%**
weiss mit Blau	—		3		—	
gelb mit Blau	—		14	**63,1%**	6	**76,7%**
blau	17	**44,7%**	72		66	

Zwei der Kolben (I, III) stammten also von Individuen, die aus der Verbindung (K blau, E gelb + K nichtblau, E gelb) hervorgegangen waren, der dritte (II) von einem Individuum der Verbindung (K blau, E gelb + K nichtblau, E weiss) oder (K nichtblau, E gelb + K blau, E weiss). Dass bei diesem die Zahl der weissen Körner nur 5,8% der Gesammtzahl der Nichtblauen ausmacht, statt 25%, wie die Spaltungsregel verlangt, kommt zweifellos daher, dass der Pollen der dabeistehenden Individuen I und II Xenien bildete.

VII. *R. alba* + *R. nana.*

Erste Generation.

Vers. 104. 1. ♀ *R. alba* + ♂ *R. nana.* Bestäubt mit eigenem Pollen. (Fortsetzung von Vers. 46.)

3 Körner, die ausgesprochene Xenien waren, gaben 3 Pflanzen, die bei einem Handelsgärtner aufgezogen wurden und sich selbst bestäuben konnten. Jede brachte einen Kolben, der in der Grösse intermediär, doch dem der *R. nana* etwas näher stand (4 cm, 8 cm, 7 cm), wie auch die Grösse der ganzen Pflanzen — die ich leider nicht mass — intermediär, aber der der *R. nana* ähnlicher war. Die Grösse der Körner war ebenfalls intermediär, für jeden Kolben annähernd dieselbe, aber für zwei Kolben entschieden grösser als für den dritten. Ich habe das Ergebniss einiger Wägungen in der untenstehenden Tabelle zusammengestellt; sie giebt das mittlere Gewicht eines Kornes, das durchschnittliche Gewicht der Körner der Elternrassen ist zur Vergleichung beigefügt.

Tabelle 33.

R. alba			Bastard			*R. nana*		
No.	Zahl der Körner	mgr	No.	Zahl der Körner	mgr	No.	Zahl der Körner	mgr
1^1	10	**203**	1	10	**248**	1^1	6	**59**
1	20	**226**	1^1	7, gelb	**251**	1	12	**62**
2	10	**289**	1^2	3, weiss	**242**	2	50	**75**
3	10	**319**	2	5	**292**	3	20	**82**
4	24	**322**	2^1	3, gelb	**286**	3^1	5	**93**
5	100	**329**				3^2	5	**76**
6	100	**368**				4	20	**85**
7	21	**379**				4^1	5	**104**
8	20	**393**				4^2	5	**61**
9	10	**403**				5	10	**89**
10	12	**410**				6	20	**106**
11	48	**441**				6^1	5	**121**
11^1	16	**463**				6^2	5	**91**
						7	10	**116**

Das Endosperm war bei der Mehrzahl der Körner gelb oder orange, wie bei der *R. nana*, bei der Minderzahl weiss oder gelblich, wie bei der *R. alba*; einige wenige Körner waren entschieden intermediär. Tabelle 34 giebt das Resultat meiner Zählungen.

Tabelle 34.

Nummer des Kolbens.	I.	II.	III.	I—III.	
weiss	31	21	7	59	**31,4**%
mittel	4	—	—	4	**68,6**%
gelb	79	36	10	125	

Im Verhältniss des mehligen Theiles des Endosperms zum hornigen steht der Bastard der *R. vulgata* entschieden nahe (Textfig. 31).

Endlich wurde auch noch das Gewichtsverhältniss zwischen dem Endosperm und dem Embryo (II. Generation) bestimmt. Bei den 10 Körnern, die als Nr. 1, Tabelle 33, zuerst in toto gewogen worden waren, machte die Fruchtschale im Mittel je 11,6 mgr, der Embryo je 23,6 mgr, das Endosperm je 183,3 mgr aus. In Tabelle 35 sind die Gewichte der Embryonen bei Bastard und Elternrassen, in Procenten des Gesammtgewichtes von Embryo und Endosperm, zusammengestellt.

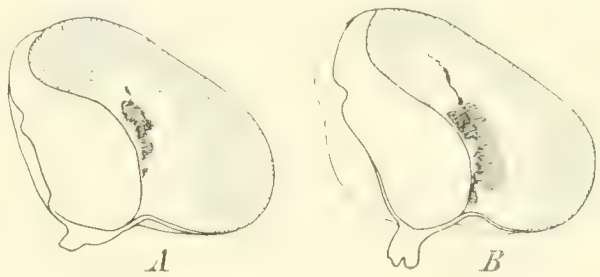


Fig. 31. Bastardkörner. *R. alba* + *R. nana*, I. Generation (Vers. 104), *A* weiss, *B* gelb.
Sagittalschnitte. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.)

Tabelle 35.

R. alba			Bastard			*R. nana*		
No.	Zahl der Körner	Embryo %	No.	Zahl der Körner.	Embryo %	No.	Zahl der Körner	Embryo %
1.	10	13,1	1.	10	11,39	1.	11	10,5
2.	10	13,2				2.	12	10,8
3.	21	13,4				3.	20	12,0
1.	20	10,7						

Das Merkmalspaar von der Endospermfarbe ist annähernd, aber nicht ganz heterodynam und schizogon, die Merkmalspaare von der Grösse der Pflanzen und der Kolben, sowie von dem Gewicht der Körner homodynam, und, wie wir sofort sehen werden, auch homöogon.

Fig. 5, Taf. II; Textfig. 31.

Zweite Generation.

Vers. 105. 2. ♀ *R. alba* + ♂ *R. nana.* Bestäubt mit eigenem Pollen.

Gelbe Körner (von Vers. 104).

Ich gab 4 Pflanzen zu einem Handelsgärtner, wo sie sich gegenseitig bestäuben konnten. Sie wurden a) 0,51 m, b) 0,70 m, c) 0,74 m und d) 0,83 m hoch und trugen je einen Kolben von a) 3,8 cm,

b) 6,2 cm, c) 4,6 cm und d) 8,0 cm Länge, mässig gut bis schlecht entwickelt. Die Körner waren bei einem Kolben sämmtlich gelborange, bei den 3 andern dagegen zum Theil heller, bis weiss, mit allen Abstufungen. Das Gewicht schwankte zwischen 207 mgr und 156 mgr pro Korn, die Körner waren also leichter als bei dem das Saatgut liefernden Kolben, wo sie im Durchschnitt 248 mgr betrug.

Das Verhalten des mehligen Theiles des Endosperms zum hornigen war in der III. Generation annähernd dasselbe, wie in der II. (Textfig. 32).

Fig. 32. Bastardkorn, *R. alba* + *R. nana*, II. Generation, gelb (Vers. 105).

Sagittalschnitt. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.)

Für die Farbe des Endosperms galt offenbar die Spaltungsregel. Es waren zweierlei Pflanzen zu erwarten, solche mit Kolben mit lauter gelben Körnern und solche mit Kolben, die, bei Selbstbestäubung, 75% gelbe und 25% weisse Körner trugen. Der ersten Klasse gehörten offenbar eine, der zweiten 3 Pflanzen an. Dass bei diesen die Zahl der weissen und blassgelblichen Körner noch nicht 25% ausmachte, braucht uns nicht zu verwundern, da der Pollen der einen, der ersten Klasse angehörigen, nicht abgesonderte Pflanze sicher viele Xenien gebildet haben wird.

Vers. 106. 3. ♀ ***R. alba*** + ♂ ***R. nana.*** Bestäubt mit eigenem Pollen.

Weisse Körner (von Vers. 104).

Von 4 Pflanzen brachten es nur 2 zum Blühen. Sie konnten sich gegenseitig bestäuben, wurden etwa so hoch wie beim vorigen Versuch[1]) und gaben zusammen 3 Kolben, a) zwei von 8,7 und 4,3 cm, b) einen von 6,0 cm Länge, vollkommen bis mässig entwickelt. Die Körner waren fast alle für reine *R. alba* zu gelb, aber auch alle viel heller als die der *R. vulgata* oder gar die der *R. nana*; sie waren denen der *R. gilva* am ähnlichsten. Das Gewicht schwankte zwischen 199 mgr und 158 mgr pro Korn, war also geringer als bei den Körnern, die als Saatgut benutzt wurden und durchschnittlich 248 mgr wogen.

Fig. 6, Taf. II; Textfig. 32.

Ich stelle das Ergebniss der letzten 3 Versuche übersichtlich zusammen.

Tabelle 36.

A. Länge der Pflanzen in m.

R. alba[2]).	Bastard, I. Gener.	Bastard, II. Gener.	*R. nana.*
c. 1,94 (15 Pfl.) Max. 2,39, Min. 1,20.	intermediär	c. 0,70 (4 Pfl.) Max. 0,83, Min. 0,51.	c. 0,54 (15 Pfl.) Max. 0,67, Min. 0,36.

[1]) Die Maasse gingen durch einen Zufall verloren.

[2]) Die Pflanzen sind etwas schattiger und auf etwas besserem Boden gestanden, als die Bastarde und die andere Elternsippe, die durchschnittliche Höhe mag deshalb etwas zu gross ausgefallen sein.

B. Länge der Kolben in cm.

R. alba.	Bastard, I. Gener.	Bastard, II. Gener.	*R. nana.*
c. 10.	8; 7; 4.	8,7; 8,0; 6,2; 6,0; 4,6; 3,8.	c. 5. Max. 6, Min. 4,2.

C. Gewicht der Körner in mgr.

R. alba.	Bastard, I. Gener.	Bastard, II. Gener.	*R. nana.*
c. **353**	c. **270**	c. **172**	c. **87**
Max. 410, Min. 203	1. 292	1. 207	Max. 120, Min. 59
	2, 248	2. 171	
		Max. 199, Min. 133	
		3. 172	
		4. 163	
		5. 158	
		6. 163	

D. Absolutes Gewicht des Embryo in mgr.

R. alba.	I. Generation		II. Generation	*R. nana.*
	(Vers. 46)	(Vers. 47)	(Vers. 104)	
1. 42,5	1. 35,0	1. 7,1	23,6	1. 15,6
2. 42,4	2. 31,0	2. 7,7		2. 8,1
3. 34,2	3. 30,9			3. 5,2
4. 32,3				

VIII. *R. dulcis* + *R. rubra.*

Erste Generation.

Vers. 107. 1. ♀ *R. rubra* + ♂ *R. dulcis.* Bestäubt mit der *R. dulcis.* (Fortsetzung von Vers. 50.)

Von 6 Pflanzen, die rechtzeitig castrirt und der Bestäubung durch die *R. dulcis* überlassen worden waren, erhielt ich nur mangelhaft oder ganz schlecht entwickelte Kolben. Bei denen von 4 Pflanzen waren die Fruchtschalen roth, bei denen von 2 gelblich; bei denen mit rother Fruchtschale waren auch die Spelzen roth, bei denen mit gelblicher Fruchtschale weisslich. Die Körner waren theils runzlig, theils glatt; bei einzelnen konnte es zweifelhaft bleiben, wohin sie zu bringen seien. Das Ergebniss der Zählungen ist in Tabelle 37 zusammengestellt.

Tabelle 37.

Nummer des Kolbens.	I, 1. R[1]).	I, 2. R.	II. W[1]).	III. R.	IV. R.	V. W.	VI. R.	I—VI.	
runzelig	8	2	2	—	1	18	4	35	**50%**
mittel	1	1	—	—	—	—	2	4	**5,8%**
glatt	3	2	1	1	—	20	4	31	**44,3%**

Es geschah also hinsichtlich der chemischen Beschaffenheit des Endosperms das, was nach der Spaltungs- und Prävalenzregel zu erwarten war; rechnet man die 5,8% „mittlere" Früchte zu den runzligen (was erlaubt ist, vergl. p. 39), so waren 55,8% runzelig statt der berechneten 50%. Dagegen stimmte das Verhalten des Roth in der Fruchtschale nicht zur Prävalenzregel.

Zweite Generation.

Vers. 108. **2.** ♀ (♀ *R. rubra* + ♂ *R. dulcis*) + ♂ *R. dulcis.* Bestäubt mit der *R. dulcis.* **Weisse, runzlige Körner** (von Vers. 107).

Es wurden 3 Pflanzen erzogen, die rechtzeitig castrirt und der Bestäubung durch die *R. dulcis* überlassen wurden. Sie gaben je einen mittelgrossen, vollkommenen Kolben mit gelblichen Fruchtschalen, nur bei einem waren sie etwas röthlich, um die Griffelbasis herum am wenigsten, wie das auch bei reiner *R. dulcis* vorkommt. Die Körner zeigten alle den *saccharata*-Typus, bis auf eines, das offenbar ein Xenienkorn war; bei einem Kolben waren ziemlich viele Körner (etwa $^1/_7$) nur ganz wenig runzlig, aber durchscheinend, wie das auch bei reiner *R. dulcis* vorkommt (vergl. p. 39).

Es war also genau das geschehen, was nach den Mendel'schen Regeln zu geschehen hatte.

Vers. 109. **3.** ♀ (♀ *R. rubra* + ♂ *R. dulcis*) + ♂ *R. dulcis.* Bestäubt mit der *R. dulcis.* **Weisse, glatte Körner** (von Vers. 107).

Eine Pflanze, die rechtzeitig castrirt und mit der *R. dulcis* bestäubt worden war, trug einen ziemlich grossen, fast vollkommenen Kolben und zwei kleine, schlecht entwickelte. Die Fruchtschalen waren gelblich, aber deutlich röthlich überlaufen — noch auffallender als bei dem einen Individuum von Versuch 108, und wieder um die Griffelbasis herum am wenigsten —, die Körner selbst etwa zur Hälfte glatt, zur Hälfte runzlig, einige nur wenig. Die Zählung eines Theiles der Körner ergab: 82 runzlig, 2 fast glatt, 74 glatt, es waren also 53,2% (mehr weniger) runzlig und 46,8% glatt.

Die Spaltungs- und Prävalenzregel hätten verlangt, dass 50% der Körner runzlig, 50% glatt geworden wären.

Vers. 110. **4.** ♀ (♀ *R. rubra* + ♂ *R. dulcis*) + ♂ *R. dulcis.* Bestäubt mit der *R. dulcis.* **Rothe runzelige Körner** (von Vers. 107).

Ich erzog 2 Pflanzen, die castrirt und der Bestäubung durch die *R. dulcis* überlassen wurden. Beide brachten Kolben, deren Körner intensiv rothe, fast schwarzrothe Fruchtschalen besassen; bei der einen waren bei allen drei mittelgrossen bis grossen Kolben (von denen einer ganz vollkommen, die andern mässig gut entwickelt waren) die Körner runzlig, bei der andern, die einen mittelgrossen und

[1]) R = Fruchtschale roth, W = Fruchtschale gelblich.

einen kleinen Kolben trug (beide waren mässig gut entwickelt), war die Hälfte der Körner glatt, die Hälfte runzlig, ziemlich viele nur fein gerunzelt oder fast glatt, im Uebrigen von typischer *dulcis*-Beschaffenheit. Genaue Zählungen habe ich nicht angestellt.

Nur die Kolben der ersten Pflanze verhalten sich so, wie es die Spaltungs- und die Prävalenzregel verlangt, die des zweiten entsprechen genau denen des nächsten Versuches (111); es unterliegt mir keinem Zweifel, dass hier irgend eine Verwechslung unterlaufen ist.

Vers. 111. 5. ♀ (♀ ***R. rubra*** + ♂ ***R. dulcis***) + ♂ ***R. dulcis.*** Bestäubt mit der ***R. dulcis.*** **Rothe, glatte Körner** (von Vers. 107).

Von 3 Pflanzen, die castrirt und der Bestäubung durch den Pollen der *R. dulcis* überlassen worden waren, brachten zwei Kolben mit gelblichen Fruchtschalen, eine Kolben mit tiefrothen, je einen bis zwei, mangelhafte bis vollkommene. Bei allen war annähernd die eine Hälfte der Körner glatt, die andere runzelig; genaue Zählungen wurden nur an denen von zwei Individuen gemacht; die Resultate sind in der untenstehenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 38.

Nummer der Kolben.	I, 1.	I, 2.	I, 1, 2. W[1]).		II, 1.	II, 2.	II, 1, 2. R[1]).		I, II.	
glatt	53	52	105	**50%**	80	8	88	c. **50%**	193	**50,1%**
runzelig	55	50	105	**50%**	66	21	87	c. **50%**	192	**49,9%**

Die Regeln verlangen 50% glatte und 50% runzelige Körner. — Bei dem dritten Individuum waren besonders viele Körner auffällig wenig runzelig, aber auch hier durchsichtig, und das Reservematerial wie bei der *R. dulcis* beschaffen.

14 Körner, 7 glatte und 7 runzelige, des Individuum I wogen durchschnittlich je 317 mgr; die glatten je 346 mgr, die runzeligen je 288 mgr. Die runzeligen sind also wesentlich leichter, wie die der *R. dulcis* leichter sind als die der *R. rubra*. Das ist durch die Beschaffenheit des Reservematerials im Endosperm bedingt (vergl. p. 28).

IX. *R. dulcis* + *R. vulgata.*

Erste Generation.

Vers. 112. 1. ♀ ***R. vulgata*** + ♂ ***R. dulcis.*** Bestäubt mit eigenem Pollen. (Fortsetzung von Vers. 56).

Ich erzog 4 Pflanzen, die sich gegenseitig bestäuben durften. Sie trugen je einen oder zwei Kolben von ausgesprochenem *vulgata*-Habitus, bis 17,5 cm lang; die meisten wurden nicht ganz reif, weil die Aussaat zu spät gemacht worden war. Bei allen Kolben war die Mehrzahl der Körner, etwa $^3/_4$, glatt, die Minderzahl, etwa $^1/_4$, runzelig. Die Farbe des Endosperms schwankte bei den glatten und den runzeligen Körnern zwischen intensivem Gelb und blass Gelblich; annähernd rein weisse Körner, wie bei der *R. alba*, kamen nicht vor, aber nur deshalb, weil die Fruchtschale die dunklere

[1]) W = Fruchtschale gelblich, R = Fruchtschale roth.

dulcis-Nuance (p. 31) besass. Bei den runzeligen Körnern war die Grenze zwischen gelblichen und gelben gar nicht zu ziehen, in der folgenden Tabelle sind deshalb auch nur für die glatten Körner des reifsten Kolbens die Farben angegeben.

Tabelle 39.

Nummer der Kolben.	I.		II.		III.		IV.		I—IV.	
runzelig	47	18%	53	**25,6%**	45	**24,2%**	51	**22,8%**	196	**22,1%**
glatt	214	82%	154	**74,4%**	142	**75,8%**	173	**77,2%**	683	**77,9%**
und zwar										
gelblich	52	**24,3%**								
gelb	162	**75,7%**								

Das Ergebniss stimmt also ganz gut mit dem, was nach den Mendel'schen Regeln zu erwarten war: $^1/_4$ der Körner musste runzelig sein und $^1/_4$ weiss resp. gelblich.

X. *R. coeruleodulcis* + *R. vulgata.*

Erste Generation.

Vers. 113. 1. ♀ ***R. vulgata*** + ♂ ***R. coeruleodulcis.*** Bestäubt mit der ***R. dulcis.***

Blaue Körner (die also die Befruchtung durch die *R. coeruleodulcis* deutlich verriethen. Fortsetzung von Vers. 60.)

4 Pflanzen wurden castrirt und der Bestäubung durch die *R. dulcis* überlassen; sie gaben 5 lange, schlanke Kolben, die sehr mangelhaft entwickelt waren, zum Theil nur ein einzelnes Korn trugen. Die Körner gehörten achterlei Typen an, es gab:

1) glatte, blaue Körner mit gelbem Endosperm,
2) glatte, blaue Körner mit weissem Endosperm,
3) glatte, gelbe Körner,
4) glatte, weisse Körner,
5) runzelige, blaue Körner mit gelbem Endosperm,
6) runzelige, blaue Körner mit weissem Endosperm,
7) runzelige, gelbe Körner,
8) runzelige, weisse Körner.

Dazwischen gab es Mittelfärbungen zwischen gelb und weiss, bei den runzeligen Körnern war die Feststellung der Farbe besonders schwierig, wegen des ohnehin gelblichen Tones des weissen Endosperms. Einzelne Körner waren nahezu glatt, ihre Durchsichtigkeit kennzeichnete sie aber dennoch als zum *saccharata*-Typus gehörig. Deutliche Uebergänge zwischen Blau und Nichtblau (Scheckung oder blassere, aber homogene Färbung) kamen nicht vor.

Vers. 114. 2. ♀ *R. vulgata* + ♂ *R. coeruleodulcis.* Bestäubt mit der *R. dulcis.*

Gelbe Körner (die also die Befruchtung durch die *R. coeruleodulcis* äusserlich nicht, oder doch nicht deutlich verriethen. Fortsetzung von Vers. 60).

2 Pflanzen wurden castrirt und der Bestäubung durch die *R. dulcis* überlassen. Eine brachte an einem langen Kolben ein einziges Korn, die andere zwei lange, mangelhaft entwickelte Kolben. Die Körner gehörten denselben 8 Typen an, wie jene der Kolben des vorhergehenden Versuches. Dass die Blauen etwas häufiger waren, als bei jenem, ist sicher nur Zufall. In Hinsicht auf die Uebergänge verhielten sich beiderlei Kolben gleich.

Die nachstehende Tabelle bringt das Ergebniss meiner Zählungen an allen Kolben beider Versuche (113 und 114). Der Einfachheit halber sind auch gleich die Procentzahlen hinzugesetzt, die sich aus der Spaltungs- und Prävalenzregel berechnen lassen. Bei den blauen Körnern blieb die Farbe des Endosperms unberücksichtigt.

Tabelle 40.

Nummer des Versuches.	113.	114.	113 und 114.		Berechnet in °/₀.	
glatt, blau, Endosp. gelb glatt, blau, Endosp. weiss	11	36	47	**21,8°/₀**	12,5 12,5	25
glatt, gelb	10	21	31	**14,4°/₀**	12,5	12,5
glatt, weiss	9	18	27	**12,5°/₀**	12,5	12,5
runzelig, blau, End. gelb runzelig, blau, End. weiss	17	41	58	**26,8°/₀**	12,5 12,5	25
runzelig, gelb	3	25	28	**12,9°/₀**	12,5	12,5
runzelig, weiss	6	19	25	**11,5°/₀**	12,5	12,5

Die berechneten und die beobachteten Zahlen stimmen so gut, als es bei der Kleinheit der letzteren erwartet werden kann. Noch besser stimmen freilich die für die einzelnen Merkmalspaare, wie Tabelle 41 zeigt.

Tabelle 41.

Nummer des Versuches.	113.		114.		113 und 114.		Berechnet.
1) K nicht blau	28	**50°/₀**	83	**51,9°/₀**	111	**51,6°/₀**	50°/₀
K blau	28	**50°/₀**	77	**48,1°/₀**	105	**48,4°/₀**	50°/₀
2) E weiss	15	**53,6°/₀**	37	**44,6°/₀**	52	**46,8°/₀**	50°/₀
E gelb	13	**46,4°/₀**	46	**55,4°/₀**	59	**53,2°/₀**	50°/₀
3) E runzelig	26	**46,4°/₀**	85	**53,1°/₀**	111	**51,4°/₀**	50°/₀
E glatt	30	**53,6°/₀**	75	**47,9°/₀**	105	**48,6°/₀**	50°/₀

Vers. 115. 3. ♀ ***R. vulgata*** + ♂ ***R. coeruleodulcis.*** Bestäubt mit der ***R. coeruleodulcis.***

Blaue Körner (wie bei Vers. 113).

Die zwei castrirten und mit dem Pollen der *R. coeruleodulcis* bestäubten Pflanzen gaben je einen Kolben vom Habitus der *R. coeruleodulcis*, einer war der längste, den ich je sah (23,5 cm). Beide waren nicht sehr gut besetzt, immerhin besser als die der zwei vorhergehenden Versuche, und zeigten auch dieselben achterlei Körner, nur dass, wie begreiflich, die dort des Blaues entbehrenden 50% hier als Xenien mehr oder weniger blau gefleckt und blau überlaufen waren, bis zu tiefem Blau. Genauere Zählungen habe ich aber nicht ausgeführt.

Bei 10 Körnern eines Kolbens wurde die Kleberschicht untersucht. Bei dreien, wohl nur zufällig lauter runzeligen, waren die Kleberzellen relativ niedrig und breit, wie bei der *R. vulgata*, bei zweien, einem glatten und einem runzeligen, relativ hoch und schmal wie bei der *R. coeruleodulcis*, bei drei glatten intermediär, aber mehr denen der *R. vulgata* ähnlich, bei zwei, einem glatten und einem runzligen, intermediär, aber denen der *R. coeruleodulcis* ähnlicher. Es geht hieraus sicher hervor, dass die Form der Kleberzellen homodyname, aber schizogone Merkmalspaare bildet, dass also für sie nur die Spaltungsregel gilt.

XI. *R. acuminata* + *R. alba.*

Erste Generation.

Vers. 116. 1. ♀ ***R. alba*** + ♂ ***R. acuminata.*** Bestäubt mit der ***R. alba.***

Dunkelgelbe Körner. (Fortsetzung von Vers. 65.)

6 Pflanzen wurden zur rechten Zeit castrirt und der Bestäubung durch die *R. alba* überlassen. Eine blieb steril; die 5 anderen brachten je einen Kolben, durchschnittlich länger und

Fig. 33. Bastardkorn. *R. acuminata* + *R. alba*, I. Generation (Vers. 116). Runder Typus, mittlere Färbung (hellgelb).

Sagittalschnitt. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.)

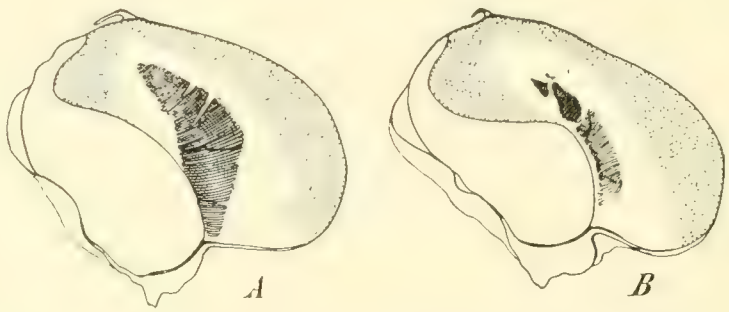


Fig. 34. Bastardkörner. *R. acuminata* + *R. alba*, I. Generation (Vers. 116). Etwas spitzer Typus; *A* weiss, *B* gelb.

Sagittalschnitte. Der mehlige Theil des Endosperms ist weiss gelassen, der hornige punktirt. ($^{45}/_{10}$.)

schlanker als bei der *R. alba*, gut bis mangelhaft entwickelt. Die Form der Körner war bei den einzelnen Kolben stets die gleiche, differirte sonst aber wesentlich; bei drei Kolben entsprach sie fast ganz der *R. alba*, nur dass die etwas vorspringende, stechende Griffelbasis noch an die der *R. acuminata*

erinnerte (Textfig. 33), bei zweien dagegen waren die Spitzen noch deutlich vorgezogen (Textfig. 34). Dem Gewichte nach waren die Körner von denen der *R. alba* kaum verschieden, eher schwerer[1]). Das Endosperm war bei etwa der Hälfte weiss oder blass gelblich, bei etwa der Hälfte deutlich gelb bis gelborange, mittlere Färbung nicht selten. Das Resultat der Zählungen an 3 schlecht entwickelten Kolben ist in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 42.

Nummer des Kolbens.	I.	II.	III.	I—III.	
weiss	46	8	13	67	**46,9**%
mittel	10	3	1	14	**53,1**%
gelb	44	7	11	62	

Von zwei Kolben wurden einige Körner gewogen, das Resultat bringt Tabelle 43; zur Vergleichung sind gleich die für die Elternrassen ermittelten Zahlen hinzugefügt.

Tabelle 43.

R. acuminata.			Bastard.			*R. alba.*		
No.	Zahl der Körner	mgr	No.	Zahl der Körner	mgr	No.	Zahl der Körner	mgr
1[1]	10	127	1	12	317	1[1]	10	203
1	30	130	1[1]	6 weiss	317,2	1	20	226
2	10	168	1[2]	6 gelb	317,7	2	10	289
3[1]	20	194	2	6	441	3	10	319
3	25	199	2[1]	2 weiss	441	4	24	322
			2[2]	4 gelb	441	5	100	329
						6	100	368
						7	21	379
						8	20	393
						9	10	403
						10	12	410
						11	48	441
						11[1]	16	462
Mittel ca. **166.**			Mittel ca. **379.**			Mittel ca. **353.**		

Textfig. 33, 34.

[1]) Es beruhte das gewiss auf dem günstigen Einfluss der Fremdbestäubung, der hier sogar cumulirt ist [(*alba* + *acuminata*) + *alba*]; schon in der zweiten Generation wäre das Gewicht der Körner sicher intermediär gewesen.

Vers. 117. 2. ♀ *R. alba* + ♂ *R. acuminata.* Bestäubt mit der *R. alba.*
Hellgelbe Körner (Fortsetzung von Vers. 65).
Der Versuch (mit 2 Pflanzen) gab dasselbe Resultat wie der vorhergehende (Vers. 116).

Das Merkmalspaar von der Farbe des Endosperms ist also schizogon und annähernd, aber nicht ganz, heterodynam, das Merkmalspaar von der Gestalt der Körner homodynam (und wahrscheinlich homoogon, vergl. p. 25), das Merkmalspaar von der Grösse der Körner scheinbar heterodynam, in Wahrheit wohl homodynam (und wahrscheinlich homöogon).

II. Tripelbastarde.

XII. *R. alba* + *R. cyanea* + *R. dulcis.*

♀ (♀ *R. cyanea* + ♂ *R. alba*) + ♂ *R. dulcis.*

Die Bildung des Tripelbastardes ist als Vers. 80 beschrieben worden.

Erste Generation des Tripelbastardes.

Vers. 118. 1. Weisse Körner (von Vers. 80). Bestäubt mit eigenem Pollen.

Ich erzog 6 Pflanzen, die sich gegenseitig bestäuben konnten. Ausserdem stäubte ein Individuum, das dazwischen aus einem blauen Korn derselben Abstammung gezogen und aus Versehen ein wenig zu spät castrirt wurde. Ich erhielt 11 zum Theil mangelhaft entwickelte Kolben — von einer Pflanze 3 —, etwa $^3/_4$ der Körner waren ganz glatt, $^1/_4$ runzelig, die Kleberschicht war bei fast allen (940) Körnern weiss, nur bei 1 homogen und intensiv blau. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass diese 1 blauen Körner Xenien waren, entstanden durch die schon erwähnte Unvorsichtigkeit bei der Castration; der entsprechende, absichtlich gemachte Versuch (120) lehrt, dass nicht mehr als etwa 8 Körner durch den fremden Pollen entstanden sein können (noch nicht 1 %), und dass dieser an und für sich geringe Fehler in dem Hauptpunkt – dem Verhältniss der glatten und runzeligen Körner — keinen Einfluss gehabt haben kann. Nachstehende Tabelle giebt das Resultat meiner Zählungen.

Tabelle 44.

Nummer der Kolben.	I. a.	I. b.	II.	III. a.	III. b.	III. c.	IV. a.	IV. b.	V.	VII.	I—VII.		Berechnet.
weiss und glatt	133	1	97	150	27	16	106	15	73	79	697	**74,2%**	75%
blau und glatt	—	—	—	—	2	—	—	1	—	—	3		
weiss u. runzelig	42	1	47	53	9	5	31	3	24	28	243	**25,8%**	75%
blau u. runzelig	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1		

Es trat also genau das ein, was nach der Spaltungs- und Prävalenzregel zu erwarten war. Der Tripelbastard aus weissen Körnern entspricht ganz dem einfachen Bastard *alba* + *dulcis.*

Vers. 119. **2. Blaue Körner** (von Vers. 80). Bestäubt mit eigenem Pollen.

Von 4 Pflanzen, die sich gegenseitig bestäuben konnten, erhielt ich je einen mittelgrossen Kolben, dessen obere Körner oft stecken geblieben waren. Die gutentwickelten Körner gehörten vier Typen an:

1) blau, glatt, 2) weiss, glatt, 3) blau, runzelig, 4) weiss, runzelig.

Es musste sofort auffallen, dass die blauen, glatten Körner am zahlreichsten, die weissen, runzeligen am seltensten waren, und dass weisse, glatte und blaue, runzelige annähernd gleich häufig vorkamen. Uebergänge gab es nur zwischen blauen und weissen Körnern, sie waren selten und beschränkten sich darauf, dass ein sonst blaues Korn einen oder einige hellere Flecken aufwies. — Die Zählungen ergaben die in Tabelle 45 zusammengestellten Resultate:

Tabelle 45.

Nummer der Kolben.	I.	II.	III.	IV.	I—IV.	
blau, glatt	66	80	126	27	308	**56,5%**
blau mit etwas weiss, glatt	1	3	5	—		
weiss, glatt	19	30	37	10	96	**17,6%**
blau, runzelig	21	28	43	12	104	**19,1%**
weiss, runzelig	7	13	14	3	37	**6,8%**

Auch hier stimmt das Ergebniss mit dem überein, was nach den Mendel'schen Regeln zu erwarten war: 75% der Körner sind glatt, 25% runzelig, 75% sind blau, 25% weiss; und 75% von den glatten sind blau, wie 75% von den runzeligen blau sind. Der Tripelbastard aus blauen Körnern entspricht genau dem einfachen Bastard *cyanea* + *dulcis* oder *alba* + *coerulcodulcis*.

Zum Beweis des eben Gesagten stelle ich die Zahlen nochmals zusammen.

Tabelle 46.

	Beobachtet.		Berechnet.		Beobachtet.		Berechnet.
blau	412	75,6%	75%	blau und glatt	308	56,5%	56,25%
weiss	133	24,4%	25%	weiss und glatt	96	17,6%	18,75%
glatt	404	74,1%	75%	blau und runzelig	104	19,1%	18,75%
runzelig	141	25,9%	25%	weiss und runzelig	37	6,8%	6,25%

Fig. 14, Taf. II.

Vers. 120. **3. Weisse Körner** (von Vers. 80). Bestäubt mit dem Pollen von Pflanzen, die aus **blauen** Körnern desselben Versuches (80) erwachsen waren.

4 Pflanzen wurden castrirt, und in der angegebenen Weise bestäubt; sie brachten je einen, zuweilen etwas mangelhaften Kolben. Die Mehrzahl der Körner war glatt, die Minderzahl runzelig, etwa die Hälfte war blau, die andere Hälfte weiss — ohne Rücksicht auf die Beschaffenheit des Endosperms. Die allermeisten blauen Körner waren gleichmässig und stark blau gefärbt, nur einzelne zu $^2/_5$ oder $^2/_7$ weiss. Die untenstehende Tabelle giebt die Resultate meiner Zählungen wieder.

Tabelle 47.

Nummer der Kolben.	I.	II.	III.	IV.	I—IV.	
blau, glatt	19	28	46	44	137	**41,4**%
blau mit etwas weiss, glatt	—	—	1	1	2	
weiss, glatt	20	20	29	45	114	**33,9**%
blau, runzelig	3	3	20	16	42	**12,5**%
weiss, runzelig	7	3	18	13	41	**12,2**%

Auch dieses Ergebniss stimmt ganz gut mit dem, was die Mendel'schen Regeln erwarten lassen. Im einen Merkmalspaar, der chemischen Beschaffenheit des Endosperms, stimmen die ♀ und die ♂ Keimzellen überein; es müssen also, wie bei Selbstbestäubung, 75% der Körner glatt, 25% der Körner runzelig ausfallen. Im andern, der Farbe der Kleberschicht, differiren sie; die ♀ haben, wie Versuch 118 lehrt, nur mehr die Anlage für weiss, die ♂ aber, wie aus Versuch 119 hervorgeht, in 50% der Pollenkörner die für blau und in 50% der Pollenkörner die für weiss; also kann die Hälfte der Körner blau, die Hälfte weiss ausfallen, unabhängig von der Beschaffenheit des Endosperms. Dazu stimmen auch die Zahlen ganz ordentlich, wie die nachstehende Tabelle zeigt.

Tabelle 48.

	Beobachtet.		Berechnet.		Beobachtet.		Berechnet.
blau	181	**53,9**%	50%	blau und glatt	141	**41,4**%	37,5%
weiss	155	**46,1**%	50%	weiss und glatt	114	**33,9**%	37,5%
glatt	253	**75,7**%	75%	blau und runzelig	42	**12,5**%	12,5%
runzelig	83	**24,3**%	25%	weiss und runzelig	41	**12,2**%	12,5%

Es muss auffallen, dass die blauen Körner, die doch „Xenienkörner" sind, sich so wesentlich anders verhalten, als jene, die bei Bestäubung der *R. alba* mit dem Pollen der *R. cyanea* entstehen: Hier fast alle Körner homogen und tief blau, dort nur bei der Hälfte alle möglichen Uebergänge von reinem Weiss zu homogenem Blau, aber homogen und tief blaue Körner selten. Während dort das Merkmalspaar deutlich homodynam ist, ist es hier fast heterodynam. Die abgespaltene Anlage für Blau ist der abgespaltenen für Weiss gegenüber gleichmässig stärker geworden, während sie der reinen Anlage für Weiss gegenüber schwächer ist, wie wir gleich sehen werden (Vers. 125).

Fig. 13, Taf. II.

Vers. 121. 4. Blaue Körner (von Vers. 80). Bestäubt mit dem Pollen von Pflanzen, die aus **weissen** Körnern desselben Versuches (80) erwachsen waren.

8 rechtzeitig castrirte Pflanzen wurden in der angegebenen Weise bestäubt. Sie trugen je einen bis 4, zum Theil sehr gut entwickelte Kolben, deren Körner sich genau so verhielten, wie bei dem umgekehrten Versuch (120): etwa $^3/_4$ waren glatt und $^1/_4$ runzelig, und $^1/_2$ blau und $^1/_2$ weiss; die Art, wie das Blau auftrat, war die gleiche. Die nachstehende Tabelle giebt zunächst die Resultate meiner Zählungen an den Kolben von 5 Pflanzen (I, II, III, IV, VII) wieder.

Tabelle 49.

Nummer der Kolben.	I.		II.		III. a.	III. b.	III. a, b.		IV. a.	IV. b.	IV. a, b,		VII.		I, II, III, IV, VII.	
blau, glatt	100		67		86	57	143		60	53	113		8		431	
blau mit etwas weiss, glatt	—	**44,5%**	—	**40,9%**	1	—	1	**38,2%**	—	—	—	**35,9%**	—	**44,5%**	1	**39,3%**
weiss, glatt	71	**31,6%**	64	**39,0%**	78	58	136	**36,1%**	74	55	129	**41,0%**	6	**33,3%**	406	**36,9%**
blau, runzelig	30	**13,3%**	15	**9,1%**	30	21	51	**13,5%**	21	16	37	**17,7%**	2	**11,1%**	135	**12,3%**
weiss, runzelig	24	**10,6%**	18	**11,0%**	21	25	46	**12,2%**	20	16	36	**11,4%**	2	**11,1%**	126	**11,5%**

Auch dieses Ergebniss stimmt annähernd mit dem, was man aus den Regeln ableiten kann, und zwar in derselben Weise, wie bei dem vorigen Versuch (120), nur dass hier die ♀ in 50% der Fälle die Anlage für Blau, in 50% der Fälle die für Weiss haben, während alle ♂ nur mehr die Anlage für Weiss besitzen. Die Tabelle 50 zeigt das.

Tabelle 50.

	Beobachtet.		Berechnet.		Beobachtet.		Berechnet.
blau	567	**51,6%**	50%	blau und glatt	432	**39,3%**	37,5%
weiss	532	**48,4%**	50%	weiss und glatt	406	**36,9%**	37,5%
glatt	838	**76,2%**	75%	blau und runzelig	135	**12,3%**	12,5%
runzelig	261	**23,7%**	25%	weiss und runzelig	126	**11,5%**	12,5%

Dass auch hier die Uebergänge zwischen weissen und blauen Körnern fast fehlen, nimmt uns nach dem Verhalten der *R. cyanea* bei der Bestäubung mit der *R. alba*, oder der *R. coeruleodulcis* mit der *R. dulcis*, nicht so Wunder, wie bei Vers. 120, beruht aber auch hier auf einer Verschiebung des Stärkeverhältnisses, die bei der Abspaltung der Anlagen eintrat.

Die Kolben der 3 übrigen Pflanzen zeigen beträchtliche Abweichungen, aber nur in der Vertheilung des Blau; bei einer ist die Procentzahl der blauen Körner wesentlich kleiner (sie beträgt etwa 25%), bei zwei dagegen merklich grösser (sie beträgt etwa 70%). Ich theile auch hier die Zählungen in Tabellenform mit.

Tabelle 51.

Nummer des Kolbens.	VIII.		V. a.	V. b, c, d.	V. a, b, c, d.		VI.	
blau, glatt	14	18,7%	57	70	127	55,6%	46	48,9%
blau mit etwas weiss, glatt	—		1	—	1		—	
weiss, glatt	46	61,3%	23	28	51	22,2%	21	22,3%
blau, runzelig	5	6,7%	14	24	38	16,5%	19	20,2%
weiss, runzelig	10	13,3%	8	5	13	5,7%	8	8,5%

Die Deutung dieser Abweichungen ist fraglich; sie sind bei so grossen Zahlen beobachtet, dass man wenig geneigt ist, sie als zufällig aufzufassen. Das Ueberwiegen des Blau bei Pflanze V und VI mag vielleicht darauf zurückzuführen sein, dass eine der 8 Pflanzen zu spät castrirt wurde und etwas stäubte, wie bei Versuch 118 angegeben worden ist.

Von einem der in die erste Gruppe gehörenden Kolben (III, a) habe ich eine Anzahl Körner erst lufttrocken, dann nach 48stündigem Einquellen in destillirtem Wasser gewogen, sie hierauf (also vor dem Beginn der Keimung) zerlegt, die einzelnen Bestandtheile bei 100° getrocknet und gewogen; die Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle (Durchschnittsgewichte pro Korn) zusammengefasst.

Tabelle 52.

Zahl der Körn.	Farbe und Beschaffenheit der Körner.	Gewicht in mgr, lufttrocken.		Gewicht in mgr, aufgeweicht.		Trockengewicht (100°) Fruchtschale mgr		Endosperm mgr		Embryo mgr	
							%		relativ		relativ
11	blau, glatt	373,4	100	556,4	100	18,8	5,5	279,1	87,1	41,3	12,9
11	weiss, glatt	365,5	97,9	530,0	95,3	18,5	5,6	272,0	86,7	40,8	13,3
10	blau, runzelig	298,8	80	532	95,6	19,8	7,3	201,8	80,2	49,8	19,8
10	weiss, runzelig	285,9	76,6	511	91,8	19,2	7,1	199,7	80,3	49,1	19,7
	zusammen:										
22	glatt	369,5	100	543	100	18,7	5,6	275,6	86,9	41,1	13,1
20	runzelig	292,4	79,1	527	97,1	19,5	7,2	200,8	80,3	49,5	19,7

Die Wägungen zeigen also, dass mit der chemischen Beschaffenheit des Endosperms auch die übrigen Eigenschaften der Zuckermaiskörner untrennbar verbunden sind, das grössere relative Trockengewicht der Fruchtschale, das kleinere des Endosperms, das grössere des Embryo; wir haben schon gesehen (p. 2), dass diese Merkmale nicht „conjugirt", sondern „ganz unselbständig" sind. Zu beachten bleibt freilich, dass auch das absolute Gewicht des Embryo und, wennschon weniger auffällig, das der Fruchtschale bei den runzeligen Körnern grösser ist, als bei den glatten. Das deutet darauf hin,

dass dem Volum nach die eben reifen Zuckermaiskörner grösser sein dürften, wenn sie auch trocken so viel leichter sind. Leider habe ich auf diesen Punkt nicht rechtzeitig geachtet.

Vers. 122. 5. Weisse Körner (von Vers. 80). Bestäubt mit der *R. alba*.

5 Pflanzen wurden rechtzeitig castrirt und in der angegebenen Weise bestäubt. Ich erhielt 9 Kolben, die mässig gut bis sehr unvollkommen entwickelt waren und lauter glatte, weisse Körner trugen. Die 50%, die Xenien sein mussten, liessen sich in keiner Weise unterscheiden.

Vers. 123. 6. Blaue Körner (von Vers. 80). Bestäubt mit der *R. alba*.

5 Pflanzen wurden rechtzeitig castrirt und der Bestäubung durch die *R. alba* überlassen; sie trugen 7 mässig gut bis schlecht entwickelte Kolben mit zusammen 502 Körnern. Diese waren alle, bis auf eines, glatt, die 50%, die schon der Anlage nach glatt waren, liessen sich von den 50%, die als Xenien glatt geworden sein mussten, in keiner Weise unterscheiden. Das eine runzelige Korn verdankt seine Ausbildung sicher einem angeflogenen Polienkorn (der *R. dulcis* oder einer der Pflanzen von Vers. 118 bis 121). Dagegen war die Kleberschicht nur bei etwa 50% der Körner mehr oder weniger blau, bei den andern 50% jedoch ganz weiss. Ganz blau waren nur relativ wenig Körner, die meisten ziemlich stark blau, homogen oder gefleckt. Das Ergebniss meiner Zählungen ist in Tabelle 53 zusammengestellt; die Abgrenzung der 4 Klassen der blauen Körner ist natürlich auch hier keine scharfe, doch wurde die Zahl der ganz blauen eher zu gross als zu klein genommen.

Tabelle 53.

Nummer der Kolben.	Ia.	Ib.	Ia. b.	II.	IIIa.	IIIb.	IV.	Va.	Vb.	Va.b.	I—V.		Berechnet.
weiss	42	70	112	43	4	1	25	36	22	58	247*)	**49,2%**	50%
mehr oder weniger blau	41	60	101	57	6	—	30	36	21	57	255*)	**50,8%**	50%
und zwar:													
etwas blau	1	2	3	2	1	—	—	3	3	6	12	**4,8%**	
mittel	10	14	24	14	1	—	6	3	—	3	48	**19,1%**	
stark blau	11	14	25	29	2	—	14	17	13	30	100	**39,9%**	
ganz blau	19	30	49	12	2	—	10	13	5	18	91	**36,2%**	

Bei den beiden letzten Versuchen stimmt das Ergebniss ganz mit dem überein, was nach den Mendel'schen Regeln zu erwarten war.

Die eine Hälfte der ♀ Sexualzellen besass die Anlage für runzeliges Endosperm, die andere die für glattes; in Folge der Bestäubung mit dem *alba*-Pollen, der nur die (dominirende) Anlage für glattes besitzt, gab es lauter glatte Körner, bei 50% als Xenien.

*) Hier wurden vier weisse und vier blaue Körner, die zur Aussaat benutzt worden waren, hinzugezählt.

Bei Versuch 122 besassen ferner alle ♀ Keimzellen nur die Anlage für eine weisse Kleberschicht, und da die ♂ der *R. alba* auch nur diese besitzen, so mussten alle Körner weiss werden. Dagegen besass bei Vers. 123 die eine Hälfte der ♀ Keimzellen die Anlage für eine blaue Kleberschicht, die andere die für eine weisse; in Folge der Bestäubung mit dem *alba*-Pollen, der nur die Anlage für eine weisse besitzt, gab es 50% rein weisse und 50% mehr oder weniger blaue Körner, und zwar, da das Blau nicht in demselben Grade über das Weiss dominirt, wie die „Glätte" der Körner über ihre „Runzeligkeit", in allen Abstufungen.

Vergleicht man dies letzte Ergebniss mit dem von Versuch 121, wo die den Pollen liefernden Pflanzen die Anlage für eine blaue Kleberschicht auch nicht (mehr) enthielten, so muss auffallen, dass sich dort die Anlage für Blau in den 50% ♀ Sexualzellen fast stets voll entfaltete, während sie das hier nur bei etwa $^1/_3$ der Fälle thut und sonst von der Anlage für Weiss mehr oder weniger stark zurückgedrängt wird.

Vers. 124. 7. ***R. alba,*** bestäubt mit dem Pollen der aus **weissen** Körnern (von Vers. 80) gezogenen Bastarde.

Von 2 rechtzeitig castrirten Pflanzen erhielt ich durch die oben angegebene Bestäubung nur je einen ziemlich mangelhaften Kolben mit völlig unveränderten Körnern, ganz wie es nach Vers. 118 zu erwarten war.

Vers. 125. 8. ***R. alba,*** bestäubt mit dem Pollen der aus **blauen** Körnern (von Versuch 80) gezogenen Bastarde.

Von mehreren rechtzeitig castrirten Pflanzen erhielt ich in der oben angegebenen Weise nur einen sehr kleinen und sehr mangelhaften Kolben, von dessen 17 Körnern 10 (also 58,8%) unverändert waren, während 7 (also 41,2%) mehr oder weniger blau geworden waren; kein einziges Korn war ganz blau.

Zweite Generation.

a. Nachkommenschaft von Vers. 118.

Vers. 126. 9. Weisse, glatte Körner. Bestäubt mit dem eigenen Pollen.

6 Pflanzen wurden bei einem Handelsgärtner gezogen und konnten sich selbst bestäuben. Im selben, grossen Garten standen, möglichst weit entfernt, die 5 Pflanzen des folgenden Versuches, die das Ergebniss nicht störten (und auch erst in der folgenden Generation hätten stören können). Eine Pflanze blühte, blieb aber steril, die 5 andern gaben zusammen 7 Kolben, theils ganz vollkommene, theils mangelhaft entwickelte. Bei 3 Pflanzen mit zusammen 4 Kolben waren alle Körner weiss und glatt (zusammen etwa 500), bei 2 mit zusammen 3 Kolben war die Mehrzahl der Körner weiss und glatt, eine Minderzahl aber weiss und runzelig (Blau trat gar nicht mehr auf). Das Ergebniss meiner Zählungen an diesen 3 Kolben ist in Tabelle 54 zusammengestellt.

Tabelle 54.

Nummer der Kolben.	I.		III.			
			a.	b.	a, b.	
runzelig	3	**2,96%**	21	2	23	**13,4%**
glatt	98	**97,04%**	140	9	149	**86,6%**

Nach der Spaltungsregel war zu erwarten, dass ein Theil ($^1/_3$) der Pflanzen Kolben mit lauter weissen, glatten Körnern hervorbringen würde, ein anderer Theil ($^2/_3$) Kolben mit 75% weissen, glatten und 25% weissen, runzeligen Körnern. Die erste Klasse von Pflanzen stellte sich sicher ein, wenn auch in einer grösseren Zahl von Individuen, was gut vom Zufall abhängen kann; die zweite war gewiss auch vorhanden und durch die zwei zuletzt besprochenen Pflanzen (I, III) vertreten. Denn die zu geringe Zahl runzliger Körner darf uns nicht stören, es wurden ja alle Pflanzen durcheinander gezogen, und unter diesen Verhältnissen sind (wie die zahlreichen Versuche mit isolirt gezogenen Pflanzen lehren, z. B. 100—103) die meisten Körner durch Fremdbefruchtung entstanden. Für diese stand aber nur noch eine Pflanze derselben Klasse neben 3 der andern Klasse zur Verfügung, es ist ganz natürlich, dass der Procentsatz an runzeligen Körnern durch Xenien stark herabgedrückt wurde.

Vers. 127. 10. Weisse, runzelige Körner. Bestäubt mit dem eigenen Pollen.

5 Pflanzen wurden bei einem Handelsgärtner gezogen und der gegenseitigen Bestäubung überlassen. Im selben, grossen Garten standen die 6 Pflanzen von Versuch 126, die aber keinen schädlichen Einfluss hatten (die Wahrscheinlichkeit, dass er sofort entdeckt worden wäre, wäre für jedes einzelne Korn $^9/_{10}$ gewesen). Ausserdem musste irgendwo in der Nähe die *R. vulgata* gezogen worden sein, denn ein Korn war eine *vulgata*-Xenie; wir vernachlässigen es im Folgenden. — 2 Pflanzen blühten, blieben aber steril, die 3 andern brachten je einen Kolben hervor, zwei vollkommen entwickelte und einen fast leeren. Alle Körner waren weiss und runzelig, ganz wie es die Spaltungsregel verlangte, da die Anlage für „runzelig“ ja recessiv ist.

b. Nachkommenschaft von Versuch 119.

Vers. 128. 11. Blaue, glatte Körner. Bestäubt mit dem eigenen Pollen.

Der Versuch misslang. Von 5 Pflanzen, die bei einem Handelsgärtner auseinander gepflanzt wurden, und die reichlich blühten, erhielt ich nicht ein Korn.

Vers. 129. 12. Weisse, glatte Körner. Bestäubt mit eigenem Pollen.

Von 5 Pflanzen, die ich bei einem Handelsgärtner ziemlich weit auseinander pflanzen liess, und die sich selbst bestäuben sollten, fielen 4 der Maulwurfsgrille zum Opfer, die letzte brachte einen kurzen, schlecht besetzten Kolben. Von den 34 Körnern war eines glatt und gelb, es war zweifellos eine *vulgata*-Xenie, da in der Nähe diese Rasse gezogen wurde; die übrigen Körner waren alle weiss, die Mehrzahl, 28 (gleich 82,4%), glatt, die Minderzahl, 6 (gleich 17,6%), runzelig. Das Resultat war, wie es nach der Spaltungsregel erwartet werden konnte, das gleiche wie bei Versuch 126.

Vers. 130. 13. Blaue, runzelige Körner. Bestäubt mit eigenem Pollen.

Der Versuch misslang. Von mehreren ausgesäten Körnern erhielt ich nur zwei Pflanzen, die in einem Privatgarten untergebracht wurden. Eine davon kam gar nicht zum Blühen, die andere blühte rein ♀.

Vers. 131. 14. Weisse, runzelige Körner. Bestäubt mit eigenem Pollen.

Auch dieser Versuch misslang. Von 3 in einem Privatgarten isolirten Pflanzen blühten zwar alle, blieben aber völlig steril.

c. Nachkommenschaft von Versuch 120.

Vers. 132. **15. Blaue, glatte Körner.** Bestäubt mit der *R. alba.*

Von 4 Pflanzen waren 3 rechtzeitig castrirt worden, die vierte wurde zunächst übersehen, so dass sie eine kurze Zeit lang stäubte. Da weder die sonst den Pollen liefernden Pflanzen der *R. alba* noch die Pflanzen von Versuch 133 und 135 etwas von blauen Xenien zeigten, kann das Versehen auch bei der Form, die uns hier beschäftigt, keinen sehr merklichen Fehler angerichtet haben. Eine Pflanze blieb steril, die übrigen 3 gaben zusammen 5 schlechte Kolben, an denen, alles in allem, 261 glatte Körner sassen. Davon waren 110 weiss (also 41,1%), und 151 blau (also 58,9%), bei allen 3 Individuen war das Verhältniss annähernd das gleiche, bei einer waren recht viele Körner homogen und intensiv blau (bei der, die sich selbst etwas bestäuben konnte), bei den beiden andern umgekehrt diese Körner seltener als die Abstufungen. Ich gehe nicht näher auf die Zahlen ein, weil der Versuch in Folge des erwähnten Versehens doch nicht rein war.

Vers. 133. **16. Weisse, glatte Körner.** Bestäubt mit der *R. alba.*

3 Pflanzen wurden castrirt und in der angegebenen Weise bestäubt. Im selben Quartier stäubte kurze Zeit hindurch auch eine Pflanze von Versuch 132, richtete aber offenbar keinen wesentlichen Schaden an. Ein Individuum blieb zwergig und steril, die zwei andern brachten zusammen 3 mittelmässig bis schlecht entwickelte Kolben hervor, mit lauter weissen, glatten Körnern.

Vers. 134. **17. Blaue, runzelige Körner.** Bestäubt mit der *R. alba.*

Der Versuch misslang. Von mehreren ausgesäten Körnern erhielt ich nur eine Pflanze, die, ohne zum Blühen zu kommen, einging.

Vers. 135. **18. Weisse, runzelige Körner.** Bestäubt mit der *R. alba.*

Von verschiedenen ausgesäten Körnern erhielt ich nur eine Pflanze, die rechtzeitig castrirt und in der angegebenen Weise bestäubt wurde, sie trug zwei ziemlich unvollkommene Kolben mit lauter weissen, glatten Körnern.

Soweit die Versuche gelangen, stimmte ihr Ergebniss ganz mit dem überein, was nach den Regeln zu erwarten war.

d. Nachkommenschaft von Versuch 123.

Vers. 136. **19. Weisse (glatte) Körner.** Bestäubt mit der *R. alba.*

4 Pflanzen wurden rechtzeitig castrirt und in der angegebenen Weise bestäubt. Sie trugen zusammen 5 zum Theil ganz gut entwickelte Kolben mit lauter weissen, glatten Körnern.

Vers. 137. **20. Blaue (glatte) Körner.** Bestäubt mit der *R. alba.*

4 Pflanzen, die rechtzeitig castrirt und in der angegebenen Weise bestäubt worden waren, gaben 5 Kolben, darunter nur einen ganz vollkommenen, mit lauter glatten Körnern, von denen nur eine geringe Zahl, etwa 30%, eine mehr oder weniger blaue Kleberschicht besassen; die meisten davon waren schwach blau oder blau gefleckt, nur wenige rein und tief blau. Die Ergebnisse meiner Zählungen sind in der nebenstehenden Tabelle zusammengestellt; dass die Abgrenzung der einzelnen Klassen für das Auftreten des Blau gar nicht scharf ist, brauche ich kaum zu bemerken; dagegen ist hervorzuheben, dass die Zahl der ganz blauen eher zu gross als zu klein genommen wurde.

Tabelle 55.

Nummer der Pflanze.	I, a, b.		II.		III.		IV.		I—IV.	
weiss	54	**63,5%**	98	**73,1%**	22	**78,6%**	7	**63,6%**	181	**70,2%**
mehr oder weniger blau	31	**36,5%**	36	**26,9%**	6	**21,4%**	4	**36,4%**	77	**29,8%**
und zwar:										
etwas blau	2		15		—		2		19	**22,7%**
mittel	1		6		5		—		12	**15,6%**
stark blau	10		5		—		2		17	**22,1%**
ganz blau	18		10		1		—		29	**37,4%**

Fig. 18, Taf. II.

Auch das Ergebniss dieser Versuche stimmt mit dem, was nach der Spaltungsregel geschehen musste, ziemlich gut überein. Auffallen muss freilich, dass nicht mehr Körner blau geblieben sind, vergl. dazu Vers. 123, p. 132 u. 139.

X. Abschnitt.

Das Verhalten der einzelnen Merkmale einer Kategorie zu einander bei den Bastarden.

I. Die Form der Körner. — II. Die Grösse der Körner. — III. Die Farbe der Fruchtschale. — IV. Die Farbe des Endosperms. — V. Die Farbe der Kleberschicht. — VI. Die chemische Beschaffenheit des Reservematerials im Endosperm. — VII. Die physikalische Beschaffenheit des Endosperms. — VIII. Die Form der Kleberzellen. — IX. Das Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm. — Das absolute Gewicht des Embryo. Die Grösse der Pflanzen. Die Grösse der Kolben. — Angaben aus der Litteratur. — Uebersicht.

Es sollen hier die einzelnen Kategorien in derselben Reihenfolge durchgesprochen werden, wie es in Abschnitt VII für die Xenien geschehen ist. Dabei soll so weit möglich auch geprüft werden, ob sich dasselbe Merkmal bei jeder Rasse, die es besitzt, gleich verhält. Zum Schluss wird noch das Verhalten einiger weiterer Kategorien kurz erwähnt werden.

I. Die Form der Körner.

1. Spitz + Rund.

R. acuminata + *R. alba* (Vers. 116 und 117). Die Form der Fruchtschale ist intermediär, aber variabel, selbst fast rund (und bleibt auch in der II. Generation intermediär).

Die Form der Fruchtschale giebt also homodyname, homöogone Merkmalspaare ab.

Die Form des Endosperms (und des Embryo) ist in der I. Generation die der Mutter, in der II. intermediär (ebenso in der III.). Der Grund, warum sie nicht schon in der I. intermediär ist, wurde p. 95 angegeben.

II. Die Grösse der Körner.

1. Gross + Klein.

R. alba + *R. nana* (Vers. 104—106): Die Grösse ist intermediär und bleibt auch in der II. Generation intermediär. (Die geringe Grössenabnahme in der II. erklärt sich als Folge der Inzucht, p. 28.)

2. Gross + Mittel.

R. acuminata + *R. alba* (Vers. 116 und 117): Die Grösse ist nicht mit Sicherheit als intermediär zu bezeichnen. Dem Gewicht nach sind die Körner gross, doch ist dies sehr wahrscheinlich nur eine Folge der Fremdbestäubung und sie wären in der II. Generation intermediär geworden.

Die Capacität der Fruchtschale giebt also homodyname, isogone Merkmalspaare ab.

Die Grösse des Endosperms und des Embryo ist in der I. Generation die der Mutter, in der der II. intermediär, ebenso in der III. Der Grund, warum sie nicht schon in der I. intermediär ist, wurde p. 95 angegeben.

III. Die Farbe der Fruchtschale.

1. Roth + Blassgelb.

R. alba + *R. rubra* (Vers. 78): Die Fruchtschale ist roth, genau wie bei *R. rubra*, oder etwas heller.

R. cyanea + *R. rubra* (Vers. 83—86): Die Fruchtschale ist bei einem Theil der Pflanzen roth, genau wie bei *R. rubra*, bei einem Theil gelblich, wie bei *R. cyanea*; intermediäre Färbung oder Fleckung kommen nicht vor.

R. rubra + *R. vulgata* (Vers. 87—95): Wie vorige Verbindung. Die II. Generation bestand sowohl bei Aussaat von Körnern mit gelblicher, wie bei Aussaat von Körnern mit rother Fruchtschale aus Pflanzen mit rother und aus Pflanzen mit gelblicher Fruchtschale.

R. dulcis + *R. rubra* (Vers. 107—111): Wie vorige Verbindung. Hier brachten die durch die Bestäubung mit der *R. dulcis* gebildeten Körner mit gelblicher Fruchtschale als II. Generation nur Pflanzen mit gelblicher Fruchtschale.

Das Verhalten der I. Generation ist in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 56.

Nummer des Versuches.	I.	III.				IV.			VIII.	I, II, IV, VIII.	
	78.	83.	84.	85.	86.	87.	88.	89.	107.		
roth	3	3	1	1	1	2	2	5	4	22	**50%**
gelblich	—	3	2	2	5	4	4	—	2	22	**50%**

Nach den Angaben Koernicke's (885, p. 348) wäre die rothe Fruchtschale ein dominirendes Merkmal. Damit wäre das Ergebniss meiner Versuche nur durch die Annahme vereinbar, dass die Kolben der *R. rubra*, die die Körner für die Pflanzen der Bastardirungsversuche geliefert haben, nicht durch Bestäubung mit der *R. rubra*, sondern durch Bestäubung mit der *R. alba* entstanden seien, dass also der Bastard *alba* + *rubra*, der in der I. Generation, wegen des Dominirens der rothen Fruchtschale, nicht von reiner *R. rubra* zu unterscheiden gewesen wäre, für die Versuche benützt worden sei. (Die Afterbestäubung durch jede der andern Rassen hätte sich in der I. Generation wenigstens bei einem der Versuche zeigen müssen). Es lägen dann Tripelbastarde vor und das beobachtete Verhalten des Roth wäre nicht das der I., sondern das der II. Generation gewesen.

Das ist jedoch sehr wenig wahrscheinlich, da die *R. rubra* sonst immer constant war.

Wären die Pflanzen von Versuch 87 und 88 isolirt und mit ihrem eigenen Pollen bestäubt worden, so hätte das Verhalten der II. Generation Aufschluss gegeben. So beweist es in diesem speciellen Punkt auch nichts. Ich lasse die Frage noch offen. Vielleicht ist das Merkmalspaar „dichodynam", wie eines der „faux hybrides" Millardet's (p. 9 u. 150, ε).

IV. Die Farbe des Endosperms.

1. Weiss + Gelborange.

R. rubra + *R. vulgata* (Vers. 87—95): Wir haben schon gesehen (p. 58), dass das Merkmalspaar noch homodynam ist, dass aber das Gelb fast dominirt und das Weiss fast recessiv ist. Die weiteren Versuche bestätigen das und zeigen auch, dass die Spaltungsregel gilt, dass das Paar schizogon ist, und dass die Hälfte der ♀ und die Hälfte der ♂ Keimzellen nur mehr eine Anlage — für Gelb oder für Weiss — besitzen.

R. Philippi + *R. rubra* (Vers. 96): Der Versuch lehrt speciell, dass nur die Hälfte der Pollenkörner des Bastardes noch die Anlage für Gelb besitzt.

R. cyanea + *R. vulgata* (Vers. 97—103): Lehrt dasselbe, wie die beiden vorhergehenden Bastarde.

R. dulcis + *R. vulgata* (Vers. 112): Ebenso.

R. coeruleodulcis + *R. vulgata* (Vers. 113—115): Ebenso.

R. alba + *R. acuminata* (Vers. 116—117): Ebenso.

2. Weiss + Orange.

R. alba + *R. nana* (Vers. 104—106): Wie Weiss + Gelborange. Doch gaben die weissen Körner der I. Generation (deren Endosperm natürlich der II. angehörte) keine Körner von reiner *alba*-Farbe, sondern gelblichere.

Für die Farbe des Endosperms gilt also nur die Spaltungsregel, die Merkmalspaare sind schizogon, dagegen die Prävalenzregel nicht, sie sind homodynam, obwohl das Gelb viel stärker ist als das Weiss. Aus dem Bastard abgespalten, sind die Anlagen unter sich (und gegenüber der reinen Anlage für Weiss, Vers. 99) annähernd so stark wie vor ihrer Vereinigung.

V. Die Farbe der Kleberschicht.

1. Weiss + Blau.

R. alba + *R. cyanea* (Vers. 79—82): Das schwankende Stärkenverhältniss des Blau dem Weiss gegenüber haben wir schon besprochen (p. 53 u. f.); diese Versuche bestätigen das dort Gesagte und lehren, dass die Spaltungsregel gilt, dass also die Hälfte der ♀ und die Hälfte der ♂ Keimzellen nur mehr eine Anlage, die für Blau oder die für Weiss, besitzen.

R. cyanea + *R. rubra* (Vers. 83—86): Ebenso.

(*R. alba* + *R. cyanea*) + *R. dulcis* (Vers. 118—137): Ebenso.

2. Gelborange + Blau.

R. cyanea + *R. vulgata* (Vers. 97—103): Das schwankende Stärkenverhältniss zwischen Blau und Gelborange wurde schon besprochen (p. 59) diese Versuche bestätigen das dort Gesagte und lehren auch, dass die Spaltungsregel gilt.

R. coeruleodulcis + *R. vulgata* (Vers. 113—115): Ebenso.

Die Merkmalspaare von der Farbe der Kleberschicht sind also homodynam, wobei jedoch das Blau stärker ist als das Nichtblau, und schizogon.

Im Einzelnen ist das Verhalten des Blau, dem Nichtblau gegenüber, so verschieden — bei den verschiedenen Bastarden, bei der zweiten Generation gegenüber der ersten desselben Bastardes, und bei den Rückkreuzungen zu den Stammarten —, dass man zunächst keine Regeln wahrnimmt. Eine sorgfältigere Ueberlegung lässt aber doch solche erkennen, wie im Folgenden gezeigt werden soll. Es ergiebt sich dabei, dass das Stärkenverhältniss im Anlagenpaar Blau + Nichtblau nicht nur je nach der Rasse (und dem Individuum) verschieden ist, sondern auch durch die Coëxistenz der Paarlinge im Bastard, oder bei ihrer Spaltung zur Zeit der Keimzellbildung, verändert wird.

Wir betrachten zunächst die Bastarde zwischen den Rassen *alba* (und *dulcis*) einerseits und *cyanea* andererseits.

Das Verhalten der ersten Generation, nach der Vereinigung der „reinen" Anlagen für die Merkmale, ist p. 53 u. f. beschrieben worden. ♀ Weiss + ♂ Blau giebt Weiss oder, etwa in der Hälfte der Fälle, Weiss mit Blau in allen Abstufungen, selten rein Blau; ♀ Blau + ♂ Weiss giebt meist rein Blau. Tritt nun beim Bastard bei der Bildung der Keimzellen die Spaltung der Anlagen ein, so dass die Hälfte nur mehr die Anlage für Blau, die Hälfte nur mehr die für Weiss besitzt, so würde, falls sich die abgespaltenen Anlagen genau so verhielten, wie die reinen vor der Vereinigung, zu erwarten sein, dass etwa 50% der Körner ganz blau, 13% mehr oder weniger blau, in allen Abstufungen, und 37% ganz weiss würden. Denn in 25% der Fälle kommt ♀ Blau und ♂ Blau zusammen, das Resultat wäre Blau, ebenso bei jenen 25%, in denen ♀ Blau und ♂ Weiss zusammenkommen, zusammen 50%; von jenen 25% der Fälle, in denen ♀ Weiss und ♂ Blau sich vereinigen, würde die Hälfte, etwa 12,5%, Körner geben, die mehr oder weniger blau aussähen, die Hälfte, 12,5%, rein weisse, die mit den 25%, welche aus der Verbindung ♀ Weiss + ♂ Weiss hervorgehen und ebenfalls rein weiss ausfielen, etwa 37,5% ausmachen würden.

In Wirklichkeit sehen wir aber nur 25% der Körner weiss, 75% ganz blau werden und

fast keine Uebergänge auftreten (Vers. 83, 84, 119). Daraus geht hervor, dass das Verhalten der Anlagen zu einander ein anderes ist nach der Spaltung, als vor ihr; die Anlage für Blau ist ungleich viel stärker geworden, als sie es vorher war, sie dominirt jetzt nahezu immer.

Zu dem gleichen Ergebniss führt auch die Betrachtung der Versuche 120 und 121; auch die Versuche 118 und 132 lehren das, soweit sie missglückten.

Wie das Stärkenverhältniss der abgespaltenen Anlagen zu einander ein anderes ist, so ist auch das der abgespaltenen Anlagen zu den „reinen" ein anderes, als man erwarten konnte. Direct geprüft wurde nur das des abgespaltenen Blau zum reinen Weiss; das des abgespaltenen Weiss zum reinen Blau soll erst noch untersucht werden. ♀ Blau, abgespalten + ♂ Weiss, rein giebt nicht fast lauter ganz blaue Körner, wie ♀ Blau, rein + ♂ Weiss, rein, sondern alle Uebergänge (ähnlich ♀ Weiss, rein + ♂ Blau, rein), wie die Versuche 86, 123, 137 und der Versuch 132, soweit er gelang, lehren.

Der umgekehrte Versuch (125: ♀ Weiss, rein + ♂ Blau, abgespalten) ist ungenügend ausgefallen, doch darf man dafür den Versuch 99 heranziehen, aus dem, ganz entsprechend, hervorgeht, dass die Anlage für Blau nach der Spaltung wesentlich schwächer ist, gegenüber der reinen für Weiss.

Als Erläuterung zu dem bisher Ausgeführten mag Fig. 35 dienen; sie zeigt das Stärkeverhältniss des reinen und des abgespaltenen Blau gegenüber dem reinen und dem abgespaltenen Weiss. Im Uebrigen vergleiche man die Figurenerklärung.

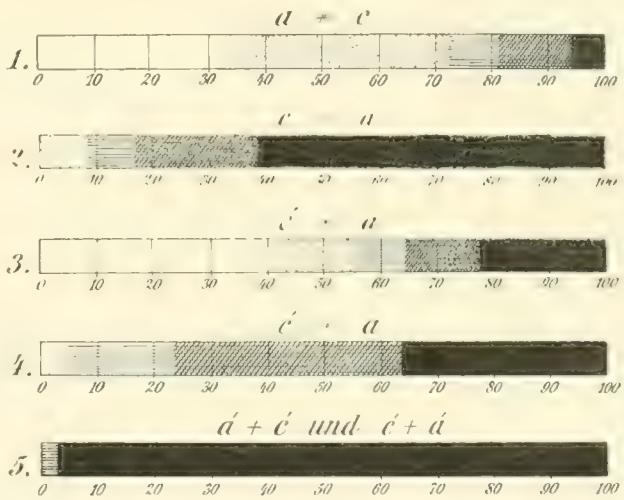


Fig. 35. Xenien und Bastardkolben der Abstammung *alba* (und *dulcis*) + *cyanea*.

Graphische Darstellung der Procentzahlen, in denen die ganz blauen (schwarz), stark blauen (doppelt schraffirt), mittleren (einfach schraffirt), etwas blauen (punktirt) und weissen (weiss gelassen) Körner vorhanden sind bei 1) ♀ weiss + ♂ blau, beide rein (Vers. 7, Tabelle 6, V), 2) ♀ blau + ♂ weiss, beide rein (Versuch 8, Tabelle 7, I-III). 3) ♀ blau, abgespalten + ♂ weiss, rein (Versuch 137, Tabelle 55, I-IV), 4) ebenso (Vers. 123, Tabelle 53, I-V), 5) ♀ weiss + ♂ blau, beide abgespalten und ♂ blau + ♂ weiss, beide abgespalten (Vers. 119 etc.)

Eine Erwähnung für sich verlangt der Versuch 85. Hier kamen alle Uebergänge vor zwischen Weiss und Blau, obwohl die Anlagen für Weiss und Blau beide eben abgespalten worden waren. Die Bastarde wurden aber aus Körnern gezogen, die (fast) kein Blau zeigten, wo sich also die Anlage für Blau gegenüber der für Weiss viel schwächer erwiesen hatte, als in den andern Fällen (denen, von welchen die Bastarde von Vers. 84 herstammten); und es lässt sich annehmen, dass dies erblich und deshalb die Anlage für Blau nach der Spaltung auch schwächer war, als sonst.

Trotzdem war sie relativ stärker als zuvor, da das Blau sich in der ersten Generation (fast) gar nicht gezeigt hatte, in der zweiten jedoch stark auftrat (75% der Körner waren mehr oder weniger blau, während nach dem Verhalten der ersten nur 25% blaue Körner zu erwarten gewesen wären).

Vers. 82 lehrt ferner, dass die Rasse, zu der die Anlage gehört, von Einfluss ist; die

reine Anlage für Weiss von der *R. dulcis* ist der abgespaltenen für Blau (von der *R. cyanea*) gegenüber nicht stärker, als die abgespaltene von der *R. alba* — statt stärker, wie es die reine der *R. alba* ist[1]).

Die Bastarde zwischen den Rassen *vulgata* und *cyanea* bieten ein merklich abweichendes Verhalten. Zunächst zeigt sich, wie wir schon sahen (p. 59), das Blau in der ersten Generation, bei der Vereinigung der beiden reinen Anlagen, dem Gelb gegenüber stärker, als dem Weiss; denn es zeigen viel mehr Körner mehr oder weniger von ihm. In der zweiten Generation entspricht das thatsächliche Ergebniss dem hienach zu erwartenden, intermediäre Körner sind zahlreich (Vers. 97); das gegenseitige Verhältniss in der Stärke der Anlagen von Gelb und Blau ist nach der Spaltung also annähernd dasselbe, wie vor ihr. Dagegen ist das Verhältniss zwischen Blau, abgespalten, und Gelb, rein, auch hier ein anderes, als man erwarten könnte, das abgespaltene Blau ist viel schwächer als das reine Blau, wie Versuch 98 zeigt; auch Versuch 99 darf hiefür herbeigezogen werden.

Etwa annähernd gleich verhalten sich die Bastarde zwischen den Rassen *coeruleodulcis* und *vulgata*. In der ersten Generation (p. 70) entfaltet sich das Blau wie bei den Bastarden zwischen den Rassen *cyanea* und *vulgata*; das gegenseitige Verhältniss nach der Spaltung wurde nicht festgestellt. Gegenüber dem reinen Weiss der *R. dulcis* war das abgespaltene Blau auch um so viel stärker (nach den Versuchen 113 und 114), wie es das abgespaltene, von der *R. cyanea* stammende Blau (nach dem Vers. 82) ist.

Die Ergebnisse unserer Vergleichung sind folgende:

1) Nach der Spaltung der Anlagen kann ihr gegenseitiges Stärkenverhältniss das gleiche sein (Vers. 97), oder verschieden sein (Versuche 83, 84, 119, 120, 121 etc.), je nach den Rassen, die die Anlagen stellten.

2) Nach der Abspaltung einer Anlage ist ihre Stärke gegenüber der zweiten, reinen Anlage desselben Merkmalspaares geringer, als vorher (Versuche 86, 98, 99, 123, 124, 132, 137).

3) Die individuellen Schwankungen und Differenzen in der Stärke der Anlagen sind erblich (Versuch 85).

4) Dieselbe reine Anlage kann sich sehr verschieden verhalten, je nach der Rasse, der sie angehört (die Anlagen für Weiss bei den Rassen *dulcis* und *alba*; Versuche 82, 113, 114 einerseits, 86, 98, 123, 124, 132, 137 andererseits).

VI. Die chemische Beschaffenheit des Reservematerials.

Stärke + Dextrin.

R. dulcis + *R. rubra* (Vers. 107—111): Wir haben schon gesehen, dass die Stärke domi-

[1]) Vergl. auch Vers. 51, die eine Pflanze von Bastardnatur. Ebenso, und im Widerspruch zu dem weiter oben Gesagten, gaben einzelne Pflanzen, die der Verbindung *R. cyanea* + *R x* entsprachen, bei Vers. 8 (= *R. alba*), 29 (= *R. gilva*), 17 (= *R. rubra*) und 27 (= *R. vulgata*) Kolben, deren Körner zu 50% blau, zu 50% nicht blau waren, ohne Uebergänge. Dieses Ergebniss, mit einem Bastard, dessen eines Elter unbekannt war, stösst das oben Ausgeführte nicht um.

nirt und das Dextrin recessiv ist (p. 67, 86). Die weiteren Versuche bestätigen dies und zeigen, dass auch die Spaltungsregel gilt, dass die Hälfte der Keimzellen des Bastardes nur mehr die Anlage für Stärke, die Hälfte nur mehr die für Dextrin besitzt. Das Merkmalspaar ist also heterodynam und schizogon.

R. dulcis + *R. vulgata* (Vers. 112): Ebenso.

R. coeruleodulcis + *R. vulgata* (Vers. 113—115): Ebenso.

(*R. alba* + *R. cyanea*) + *R. dulcis* (118—137, p. p.): Ebenso.

VII. Die physikalische Beschaffenheit des Endosperms.

A.

1. Typ. dentiformis + Typ. vulgaris.

Hierüber liegen directe Versuche nur für die erste Generation vor (Vers. 36, 63; 62). Danach bleibt das Verhältniss des mehligen zum hornigen Theil des Endosperms bei beiden möglichen Verbindungen im Wesentlichen unverändert. Hienach konnte man schliessen, dass *Typ. leucodon* und *Typ. vulgaris* gleich stark sind (p. 96, Typ. III). Das Verhalten der Pflanzen, die aus ausgesuchten, typisch aussehenden Körnern der *R. leucodon* hervorgingen und glatte Körner von intermediärem oder dem *Typ. vulgaris* sich näherndem Verhältniss lieferten (p. 42, Fig. 10, C), beweist auch, dass der Bastard eigentlich ein intermediäres Verhältniss zeigt oder der *Typ. vulgaris* überwiegt. Damit würde stimmen, dass sich eher Belege dafür beibringen lassen, dass die Bestäubung mit dem *vulgata*-Pollen das *leucodon*-Korn beeinflusst, als umgekehrt dafür, dass der *leucodon*-Pollen das *vulgata*-Korn verändert. Es wird also die Prävalenzregel nicht gelten. Und ebensowenig die Spaltungregel[1]).

Der Unterschied im Verhalten der ersten und der zweiten Generation soll an anderer Stelle besprochen werden.

2. Typ. indurata + Typ. vulgaris.

Auch hier liegen für das Verhalten des reinen Typus nur Beobachtungen über die erste Generation vor (Vers. 41; 46, 47; 68, 69; Fig. 15; 18, 19; 26, 27), nach denen der Bastard intermediäre Beschaffenheit besitzt, die Prävalenzregel also nicht gilt. Das der zweiten Generation ist nur von folgender Verbindung bekannt:

R. alba + *R. nana* (Vers. 104, Fig. 31): Das Verhältniss des mehligen zum hornigen Theil des Endosperms ist annähernd wie beim *Typ. vulgaris*. In der ersten Generation — wo die Körner noch die Grösse der *nana*-Körner besassen — war es intermediär oder stund dem der *R. nana* näher.

B.

3. Typ. vulgaris + Typ. saccharata.

R. dulcis + *R. rubra* (Vers. 107—111): Wir sahen früher schon (p. 68, Fig. 20), dass das Verhältniss des *Typ. vulgaris* dominirt und das des *Typ. saccharata* recessiv ist. Die weiteren

[1]) Damit würden auch die meisten Angaben in der Litteratur, z. B. die Kellerman's und Swingle's (890), stimmen.

Versuche zeigen, dass auch die Spaltungsregel gilt, dass die Hälfte der Sexualzellen des Bastardes nur mehr die Anlage für das eine, die Hälfte die für das andere Verhältniss besitzt, und dass auch die Prävalenzregel fernerhin Stich hält. Doch kann es keinem Zweifel unterliegen, dass wir es hier nicht mit eigentlich selbständigen Anlagen, sondern mit denen für die chemische Beschaffenheit des Reservemateriales (Kateg. VI) zu thun haben (p. 39).

R. dulcis + *R. vulgata* (Vers. 112): Ebenso.

R. coeruleodulcis + *R. vulgata* (Vers. 113—115): Ebenso.

(*R. alba* + *R. cyanea*) + *R. dulcis* (Vers. 118—137, p. p.): Ebenso.

VIII. Die Form der Kleberzellen.

Kurz + Lang.

R. coeruleodulcis + *R. vulgata* (Vers. 115): Wir haben bereits gesehen, dass sich bei beiden möglichen Verbindungen in der ersten Generation nur der rein mütterliche Charakter zeigt (p. 70 u. f.). Daraus kann man schliessen, dass das Merkmalspaar homodynam sei (p. 96, Typ. III). Der Versuch zeigt, dass dies wirklich der Fall, und dass es ausserdem schizogon ist. Der Unterschied im Verhalten der ersten und zweiten Generation soll an anderer Stelle besprochen werden.

IX. Das Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm.

Relativ schwerer Embryo + Relativ leichter Embryo.

A

R. alba + *R. nana* (Vers. 104): Wir haben bereits gesehen, dass das relative Gewicht des Embryo zwischen dem der Stammrassen steht (p. 65 u. f.), dass also die Prävalenzregel nicht gilt. Dieser Versuch zeigt, dass auch die Spaltungsregel nicht gilt, dass das Gewichtsverhältniss zwischen Embryo und Endosperm in der II. Generation dasselbe bleibt, wie es in der I. war.

B.

R. alba (und *cyanea*) + *R. dulcis* (Vers. 120): Das relative Gewicht des Embryo ist gleich dem bei dem einen Elter (bei der *R. alba* und *cyanea*), wie wir bereits sahen (p. 91). Danach ist das Merkmalspaar heterodynam. Der angeführte Versuch bestätigt das und beweist, dass es auch schizogon ist. Es kann jedoch nicht bezweifelt werden, dass wir es hier nicht mit selbständigen Anlagen zu thun haben, sondern mit denen für die chemische Beschaffenheit des Reservematerials (Kateg. VI).

Absolutes Gewicht des Embryo.

R. alba + *R. nana* (Vers. 104): Wir sahen schon, dass in der ersten Generation das Gewicht ganz annähernd gleich dem der mütterlichen Rasse ist. In der zweiten Generation ist es intermediär, wie obiger Versuch zeigt, und wäre sich in der dritten sicher annähernd gleich geblieben. Dass in der ersten Generation der rein mütterliche Charakter auftritt, erklärt sich daraus, dass die

Grösse des Embryo von der Capacität der Fruchtschale abhängt (p. 90). Das Merkmalspaar ist unselbständig, homodynam und homöogon, wie Kategorie II.

Grösse der ganzen Pflanze.

R. alba + *R. nana* (Vers. 104—106): In der ersten Generation ist der Bastard intermediär, steht aber der *R. nana* näher; in der zweiten bleibt er sich völlig gleich. Es gilt also weder die Prävalenz- noch die Spaltungsregel.

Grösse der Kolben.

R. alba + *R. nana* (Vers. 104—106): Die Kolben des Bastardes sind in der ersten Generation intermediär, aber denen der *R. nana* ähnlicher, sie bleiben sich in der zweiten Generation völlig gleich. Es gilt also weder die Prävalenz- noch die Spaltungsregel.

Aus der Litteratur wäre etwa noch zu erwähnen:

Zahl der Reihen am Kolben: Beim Bastard intermediär (Mc Cluer, 1892, p. 86: Leaming (*Xanthodon*) 18—24, Mammoth (*dulcis*) 12—16, Leaming + Mammoth 14—18. Leaming 18—24, 8-rowed sweet (*dulcis*) 8, Leaming + 8-rowed sweet 10—14 etc.).

Zahl der Kolben am Halm: Beim Bastard intermediär (Mc Cluer, 1892, p. 86: Black Mexican (*coeruleodulcis*) 1, zuweilen 2, Popcorn (*Xanthornis?*) 2, häufig auch 3, Black Mexican + Popcorn 2, selten 3).

Krautige oder häutige Beschaffenheit der Spelzen: Beim Bastard dominirt die — der allgemeinen Annahme nach phylogenetisch jüngere — häutige Beschaffenheit der Spelzen (De Vries, 900, b, p. 85; vergl. auch Koernicke, 872, p. 64).

Schliesslich gebe ich noch folgende Uebersicht.

Tabelle 57.

Merkmalskategorien.	Verhalten der Merkmalspaare bei der	
	vegetativ. Entwicklung	Keimzellbildung
I. Gestalt der Körner (Form der Fruchtschale)	homodynam	homöogon
II. Grösse der Körner (Capacität der Fruchtschale)	homodynam	homöogon
III. Farbe der Fruchtschale	? heterodynam	schizogon
IV. Farbe des Endosperms	homodynam	schizogon
V. Farbe der Kleberschicht	homodynam	schizogon

Merkmalskategorien.	Verhalten der Merkmalspaare bei der	
	vegetativ. Entwicklung	Keimzellbildung
VI. Chemische Beschaffenheit des Reservemateriales	heterodynam	schizogon
VII. Physikalische Beschaffenheit des Reservemateriales (*A*)	homodynam	?
VIII. Form der Kleberzellen	homodynam	schizogon
IX. Gewichtsverhältniss von Embryo und Endosperm (*A*)	homodynam	homöogon

XI. Abschnitt.

Die Ergebnisse der Bastardirungsversuche.

I. Das Verhalten der Merkmale einer Kategorie bei der Entfaltung. — II. Das Verhalten der Merkmale bei der Bildung der Keimzellen. — III. Weitere Sätze. — Zusatz zu Satz 11 (Zeitpunkt der Spaltung bei schizogonen Anlagenpaaren).

I. Das Verhalten der Merkmale einer Kategorie bei der Entfaltung.

1) Die Merkmale verhalten sich in den verschiedenen Kategorien verschieden gegeneinander; sie bilden zum Theil heterodyname, zum Theil homodyname Paare.

2) Heterodyname Paare bilden die Merkmale von der chemischen Beschaffenheit des Endosperms (Kateg. VI), vielleicht auch die von der Farbe der Fruchtschale (Kateg. III) und zum Theil jene von der physikalischen Beschaffenheit des Endosperms (Kateg. VII). Hier gilt die Prävalenzregel.

3) Das Verhalten der viel zahlreicheren, homodyname Paare bildenden Merkmalskategorien ist sehr verschieden. Am auffälligsten unterscheiden sie sich darin, ob die einzelnen Anlagen für die Merkmale wesentliche (individuelle) Schwankungen in der Entfaltungsstärke zeigen oder nicht. Bei dem einen Extrem ist das Bastardprodukt stets annähernd das gleiche, bei dem anderen fällt es so verschieden aus, dass in einzelnen Fällen das eine Merkmal über das andere vollständig „dominiren“ kann[1]). Diese Extreme sind durch alle Uebergänge verbunden.

Annähernd einförmig ist das Bastardirungsproduct bei folgenden Kategorien: Grösse der Körner (Kateg. II), der Kolben und der Pflanzen.

[1]) Von dem richtigen Dominiren bei einem heterodynamen Paar unterscheidet sich dieses 1) dadurch, dass es nicht in jedem Fall eintritt, 2) dadurch, dass es bald bei dem einen, bald bei dem andern Merkmal desselben Paares eintritt.

Weniger einförmig ist es bei den Kategorien: Gestalt der Körner (Kateg. I), Farbe des Endosperms (ohne die Kleberschicht, Kateg. IV).

Sehr variabel ist es in der Kategorie: Farbe der Kleberschicht (Kateg. V).

Hier gilt die Prävalenzregel also nicht.

II. Das Verhalten der Merkmale bei der Bildung der Keimzellen.

4) Die Merkmale der verschiedenen Kategorien bilden zum Theil homöogone, zum Theil schizogone Paare.

Homöogon sind die Paare in folgenden Kategorien: Grösse der Körner (Kateg. II). Gestalt der Körner (Kateg. I), Grösse der Pflanzen etc. Hier gilt die Spaltungsregel nicht.

Schizogon sind die Paare in folgenden Kategorien: Farbe des Endosperms (Kateg. IV) und der Kleberschicht (Kateg. V), wohl auch der Fruchtschale (Kateg. III), chemische Beschaffenheit des Endosperms (Kateg. VI), sehr wahrscheinlich auch die Form der Kleberzellen (Kateg. VIII). Hier gilt die Spaltungsregel.

III. Weitere Sätze.

5) Aus I und II folgt, dass es bei den Maisrassen 3 Typen von (selbständigen) Merkmalskategorien giebt, die Merkmale sind

1) heterodynam und schizogon (Pisum-Typus),
2) homodynam und schizogon (Zea-Typus),
3) homodynam und homöogon (Hieracium-Typus).

Beispiele: Für den Pisum-Typus: Die chemische Beschaffenheit des Endosperms,
für den Zea-Typus: Die Farbe des Endosperms und der Kleberschicht,
für den Hieracium-Typus: Die Grösse der Körner.

Eine vollständige Uebersicht auf p. 143.

6) Die Kategorien, aus denen Merkmale als Xenien auftreten, sind, soweit sie genauer untersucht wurden, sämmtlich schizogon. Es entstehen also auch bei Selbstbestäubung eines aus Xenienkörnern gezogenen Bastardes als zweite Generation wieder Xenien, und zwar günstigsten Falls bei 50% der Körner.

7) Dieselbe Rasse kann Merkmale von allen drei Typen besitzen.

8) Die selbständigen Merkmalskategorien sind meist frei; conjugirt ist gewöhnlich die Farbe der Fruchtschale mit der der Spelzen. (Vergl. auch p. 148, Anm. 1.)

9) Bei Kategorien mit schizogonen Merkmalen kann nach der „Spaltung" während der Bildung der Keimzellen des Bastardes die Anlage für das Merkmal *a* noch dieselbe Entfaltungsstärke gegenüber der ebenfalls abgespaltenen Anlage für das Merkmal *A* besitzen, als vor ihr (bei der Bastardirung), oder eine andere. Aus einem homodynamen Paar kann so ein fast typisch heterodynames werden (Farbe der Kleberschicht). Ebenso kann die Entfaltungsstärke der abgespaltenen Anlage gegenüber der reinen nach der Spaltung eine andere geworden sein (p. 138 u. f.).

10) Xenienkörner geben stets Bastarde, und zwar Bastarde zwischen der Rasse, die den Fruchtknoten geliefert hat, und der, von der sich ein Merkmal an der Frucht zeigt.

11) Dies gilt auch für die Bastarde selbst (vergl. Satz 6) und erlaubt für die schizogonen Merkmalspaare den Schluss, dass die Spaltung der Anlagen eines Paares so geschieht, dass

a. die beiden Polkerne und die Eizelle.

b. die zwei generativen Kerne im Pollenschlauch

nur mehr dieselbe, eine Anlage mitbekommen.

Denn es lässt sich bei Merkmalspaaren, die Xenien bilden und zugleich homodynam sind, aus der Beschaffenheit des Endosperms vorhersagen, in welche von den drei Individuenklassen (p. 5) der Embryo gehört (ob zu $A + A$, oder zu $A + a$ und $a + A$, oder zu $a + a$; p. 109, Vers. 90, 94, 95). Ist das Merkmalspaar heterodynam, so ist das Vorhersagen nur für die erste Klasse einerseits, die zweite und dritte Klasse andererseits möglich (für $a + a$ einerseits, $A + A$, $A + a$, $a + A$ andererseits). Homodyname Paare verhalten sich, wie wir sahen, in der zweiten Generation oft fast wie heterodyname.

12) Ein deutlicher Einfluss des Geschlechtes zeigt sich nur bei jenen Merkmalskategorien, die sich auf das Endosperm beziehen.

Zu Satz 11. Dies Verhalten ermöglicht uns, annähernd den Zeitpunkt zu bestimmen, in dem die „Spaltung" der Anlagen eintritt. Als frühesten Termin erhalten wir die Entstehung der ganzen Anthere und des ganzen Fruchtknotens, als spätesten die Theilung, bei der die generative und die vegetative Zelle des Pollenkornes entstehen, und die Theilung, aus der die Embryosackmutterzelle und ihre abortirende Schwesterzelle hervorgehen. Es liegt nun nahe, anzunehmen, diese „qualitative" Reduction geschehe gleichzeitig mit der „quantitativen" Reduction, derjenigen der Chromosomenzahl, und so habe ich mir es zunächst auch vorgestellt. Als ich dann aber beobachtet hatte, dass die Pollenzellen des Bastardes zwischen der rothblühenden und der weissblühenden Rasse des *Epilobium angustifolium*[1]) sämmtlich graugrün waren, wie die der rothblühenden Rasse, und nicht zur Hälfte gelblich, wie die der weissblühenden, sah ich mich genöthigt, meine Ansicht für die männlichen Sexualzellen zu modificiren und anzunehmen, dass der letzte mögliche Zeitpunkt der Spaltung (die Theilung in die generative und die vegetative Zelle) der thatsächliche sei (900, **d**).

Diese Annahme hat den Beifall Strasburger's (900, **b**, p. 770) nicht gefunden, der meint, „die Merkmale der neuen Kerne sollen sich erst in der nächsten Generation äussern, somit auch nicht in dem Aussehen und der Farbe der Pollenhäute der Mutterpflanze, die zudem noch bei ihrer Entstehung unter dem Einfluss des die Kerne der Tapetenzellen enthaltenden umgebenden Cytoplasma stehen." Darüber, wann sich der Einfluss des veränderten Kernes zeigen **soll**, wissen wir doch nichts; es ist aber wahrscheinlicher, dass er sich gleich zeigt, und kein Grund einzusehen, warum er es erst in der nächsten Generation thun müsste. Beide *Epilobium*-Rassen haben eine blassgelbe Exine, die rothblühende aber ausserdem noch eine grünlichblaue Intine (Hugo Fischer's Angabe [Pollenkörner, p. 11], dass der Farbstoff in der Exine sitze, trifft nicht zu), während die weissblühende eine farblose besitzt. Diese Intine entsteht aber nicht unter dem Einfluss der Tapetenzellkerne, und die Färbung selbst tritt sehr spät auf, etwa bei einer Länge der Blütenknospen von 8 mm, während in solchen von 4 mm die Pollenkörner schon isolirt sein können. Damit dürften Strasburger's Einwände erledigt sein[2]).

[1]) Dass die Spaltungs- und Prävalenzregel für ihn gelten, zeigte sowohl die durch Selbstbestäubung erzielte Nachkommenschaft, als die durch Bestäubung mit der weissen Stammrasse erhaltene.

[2]) Es ist mir nicht ganz verständlich, warum Strasburger noch hinzusetzt: „In den Samenanlagen bei den Erbsenhybriden äussert sich doch auch der Einfluss der getrennten Merkmale erst an dem Keim, der der neuen Generation angehört". Die Eizellen sehen wohl bei allen Erbsenrassen gleich aus, so dass sich die Folgen der Spaltung nicht zeigen können.

Im Uebrigen halte ich selbst die Frage für durchaus nicht definitiv gelöst und habe auch bereits eine Reihe weiterer Versuche im Gang, durch die der Zeitpunkt der Trennung durch das Experiment, in anderer Weise, entschieden werden soll, die aber freilich nicht von heute auf morgen fertig sein können. Man kann mit Rücksicht auf die schon citirten Beobachtungen von Driesch über das Auftreten rein mütterlicher Charaktere bei Bastardlarven von Seeigeln (898) annehmen, dass der Einfluss des neuen Kernes mit nur einer Anlage zunächst nicht im Stande sei, die Entfaltung des anderen Merkmales zu verhindern, die noch von dessen Anlage im alten Kerne vorbereitet wurde. Ausgeschlossen ist es ja auch nicht, dass bei verschiedenen Sippen, oder verschiedenen Individuen derselben Sippe, der Zeitpunkt ein verschiedener ist. Eine Angabe Focke's, dass bei *Melandrium album* + *rubrum* der Pollen aus Körnern bestehe, die theils denen der einen, theils denen der andern Stammart glichen (868), kann ich aber nach meinen Beobachtungen nicht bestätigen; nach der Sculptur der Exine und der durchschnittlichen Grösse der Körner hält der Bastard die Mitte[1]). Dagegen habe ich selbst einen Fall beobachtet, wo etwas derartiges vorlag; doch war die Herkunft der Pflanze mit den zweierlei Pollenkörnern nicht ganz sicher, ich werde deshalb erst darauf eingehen, wenn sie experimentell geprüft ist.

XII. Abschnitt.

Die allgemeinen Ergebnisse.

I.

Wir ordnen die Merkmale in Kategorien. Eine Kategorie wird gebildet von allen den selbständigen Merkmalen, die sich bei den in eine höhere systematische Einheit zusammengehörenden Sippen auf denselben Punkt (die Farbe der Fruchtschale, des Endosperms etc.) beziehen. Sind die selbständigen Merkmale derselben Kategorie verschieden, so sind sie es nur mehr quantitativ (graduell), nicht qualitativ (p. 1—3). Scheinbar einfache Merkmale müssen zerlegt werden. Ein Merkmal der Rasse I kann nur scheinbar identisch mit einem Merkmal der Rasse II sein[2]).

Nach dem gegenseitigen Verhalten der Merkmale verschiedener Kategorien (bei derselben Sippe) unterscheiden wir (p. 2):

Unselbständige (mit derselben Anlage),

Halbselbständige (hemiidentische, mit einer gemeinsamen Anlage neben den besonderen) und

[1]) Genaueres hierüber später, mit den Ergebnissen der oben erwähnten Versuche.

[2]) So hat die *R. dulcis* und die *R. leucoceras* ein Endosperm, das fast gar nicht mehlig ist; das beruht aber bei der einen auf anderen Ursachen als bei der andern, wie die genauere Untersuchung lehrt und das Verhalten der Bastarde bestätigt (vergl. p. 39 und 89).

Selbständige (mit lauter eigenen Anlagen). Die selbständigen können frei oder conjugirt sein (p. 145)[1].

Je nachdem sich die zwei Sippen, die einen Bastard bilden, in einer Kategorie oder in zwei, drei und mehr Kategorien unterscheiden, haben wir beim Bastard ein Merkmalspaar oder zwei, drei und mehr Paare zu studiren.

II.

Nach dem gegenseitigen Verhalten der Merkmale aus derselben Kategorie (von verschiedenen Sippen) unterscheiden wir:

1) homodyname und heterodyname Merkmalspaare, je nachdem sich beide Anlagen nebeneinander entfalten, gleich stark oder ungleich (in extremen Fällen nur mehr die eine oder die andere), oder immer nur eine, die dominirende, während die andere, die recessive, latent bleibt (p. 3).

Beiderlei Paare sind nicht principiell verschieden, homodyname können unter den Händen des Experimentators fast rein heterodynam werden (p. 138 u. f.); beide können bei den selben zwei Sippen vorkommen.

2) Homöogone und schizogone Merkmalspaare, je nachdem die zwei Anlagen bei der Keimzellbildung zusammen bleiben oder sich spalten, so, dass die Hälfte der Keimzellen nur mehr die Anlage für die eine, die Hälfte nur mehr die für die andere Anlage besitzt (p. 4).

Ueber den Modus der Spaltung vergl. p. 10, über den Zeitpunkt p. 146. Die Spaltung ist wohl immer da und wird nur an ihren Folgen kenntlich bei den Bastarden (p. 12).

Dieselben Sippen können sich durch homöogone und schizogone Merkmalspaare unterscheiden.

Das Verhalten bei der Entfaltung ist von dem bei der Keimzellbildung völlig unabhängig. Hierauf lege ich besonderes Gewicht. Das Auftreten eines intermediären, zwischen den Merkmalen A und a der Stammarten stehenden Merkmales $\mathfrak{A}$ beim Bastard beweist also noch nicht die Bildung einer neuen, einheitlichen, intermediären Anlage; A und a bleiben neben einander bestehen. Denselben Schluss kann man in anderen Fällen aus der Thatsache ableiten, dass das Stärkenverhältniss der Anlagen während der Ontogenese des Bastardes durch äussere Einflüsse modificirt werden kann (p. 151). Dass jedoch nicht die ganze Erbmasse des Vaters neben der der Mutter während der Ontogenie getrennt existiren kann, sahen wir bereits (p. 11).

Man kann also vier Typen von Merkmalspaaren unterscheiden:

Das Merkmalspaar ist bei der

	vegetativen Entwicklung	Keimzellbildung	Typus
1.	heterodynam	schizogon	Pisum,
2.	heterodynam	homöogon	—[2]
3.	homodynam	schizogon	Zea,
4.	homodynam	homöogon	Hieracium.

[1] Vergleicht man das Ergebniss der Versuche 128—131 und 132—135, so muss auffallen, dass die Aussaat der blauen Körner ein viel schlechteres lieferte, als die Aussaat der weissen. Da die verwendete *R. cyanea* stark zur Sterilität neigte, liegt wohl auch hier ein Fall conjugirter Merkmale vor.

[2] Hiefür ist mir kein sicheres Beispiel bekannt. Angaben in der Litteratur, die dazu passen, bedürfen noch der Bestätigung.

Das Verhalten dieser Merkmalstypen ist p. 5—10 beschrieben, wie es sich aus den Annahmen ergiebt; beim Mais finden wir drei davon verwirklicht.

den Pisum-Typus: a) bei Kategorie IV: Chemisches Verhalten des Endosperms, und nahezu

b) bei Kategorie IV und V: Farbe des Endosperms und der Kleberschicht, in der zweiten Generation und den folgenden (nach der Spaltung der Anlagen). Ferner vollständig

c) bei der Beschaffenheit, und wohl auch

d) der Farbe der Spelzen, etc.

den Zea-Typus: a) bei Kategorie III: Farbe der Fruchtschale,

b) bei Kategorie V und IV: Farbe der Kleberschicht und des Endosperms in der ersten Generation,

c) bei Kategorie VIII: Gestalt der Kleberzellen.

Den Hieracium-Typus: a) bei Kategorie I: Form des Kornes (der Fruchtschale),

b) bei Kategorie II: Grösse des Kornes (Hohlmass der Fruchtschale),

c) bei Kategorie IX: Gewichtsverhältniss von Embryo und Endosperm. Ferner

d) bei der Grösse der Pflanze und

e) des Kolbens. Ferner wohl

f) bei der Zahl der Reihen am Kolben, etc.

III.

Das gegenseitige Verhältniss der Merkmale desselben homodynamen Paares, die Entfaltungsstärke der Anlagen beim Bastard, kann grossen Schwankungen unterworfen sein. Einfluss hat darauf, wenn wir vom Geschlecht (p. 151) absehen, das nur bei den Endosperm-Bastarden von grösserer Bedeutung ist:

1) Bei homöogonen und schizogonen Paaren:

a) Die Individualität der Keimzellen. Die Fruchtknoten der selben Pflanzeder Rasse I können mit den Pollenkörnern einer Pflanze der Rasse II z. B. ganz weisse, ganz blaue oder intermediär gefärbte Körner geben (Vers. 7).

b) Die Individualität der einzelnen Pflanzen. Die durchschnittliche Färbung der ganzen Kolben kann (z. B. bei Vers. 8, 17 oder 71) sehr merklich verschieden ausfallen.

a und b sind natürlich im Grund identisch, b zeigt aber, dass die Nachkommenschaft zweier Keimzellen I, II mit der Entfaltungsstärke x, y nicht immer Keimzellen hervorbringt, die alle möglichen Stärkeverhältnisse (w, v . . . z) aufweisen[1]).

c) Die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Rasse.

2) Bei schizogonen Paaren:

d) Der Zustand der Anlage, ob rein — d. h. in der Keimzelle einer rein gezüchteten Rasse steckend —, oder abgespalten — d. h. in der Keimzelle eines Bastardes steckend. Die abgespaltene Anlage für das Merkmal *a* kann der abgespaltenen für das Merkmal *A* gegenüber stärker oder schwächer sein, als es die reine der reinen gegenüber war; die abgespaltene für *a* ist der reinen für *A* gegenüber immer schwächer als es die reine war (p. 38, Fig. 35.)

[1]) Es liegen Beobachtungen vor (Vers. 85), dass Xenienkörner, bei denen die Anlage für das Merkmal *a* des Vaters besonders schwach entfaltet ist, eine Nachkommenschaft geben, bei der sich des Merkmal *a* im Durchschnitt auch schwächer zeigt, als gewöhnlich.

Zusätze.

Zusatz zu a). Sind die beiden Anlagen eines Merkmalspaares (A, a) unter allen Umständen gleich stark, so ist der Bastard (. . . . . .) einförmig und zeigt eine Mittelstellung:

α)

Sind sie ungleich stark, ist aber stets dieselbe Anlage (A) stärker, und dazu stets um gleich viel, so verschiebt sich die Stellung des einförmigen Bastardes nach der einen Elternsippe zu:

β)

Als Grenzfall kann man das Verhalten des heterodynamen Paares ansehen:

γ)

Sind die beiden Anlagen ungleich stark, aber bald die eine, bald die andere stärker, ist das Paar „poikilodynam", so ist der Bastard vielförmig:

δ)

Als Grenzfall kann man das Verhalten eines „dichodynamen" Anlagenpaares der (echten) „faux hybrides" Millardet's ansehen:

ε)

Sein Verhalten unterscheidet sich z. B. von dem des Anlagenpaares ♀ weisse Kleberschicht + ♂ blaue Kleberschicht beim Endospermbastard in der I. Generation (Xenien, etwa ♀ *R. alba* + ♂ *cyanea*, Vers. 7):

δ/)

nur dadurch, dass die Mittelstufen (a, b, c, b) wegfallen. So hat schon Millardet (894) das Verhalten der „faux hybrides" aufgefasst (p. 21 d. S. A.).

Zusatz zu c. Das verschiedene Verhalten desselben Merkmales bei zwei Rassen könnte beruhen darauf, dass

1) die Merkmale nur scheinbar identisch sind, in Wirklichkeit aber verschieden, also auch ihre Anlagen verschieden, — oder darauf, dass

2) die Merkmale aus den anderen Kategorien einen correlativen Einfluss irgend welcher Art haben.

Für 1 spricht das Vorhandensein individueller Schwankungen in der Entfaltungskraft einer Anlage bei derselben Rasse (wie wir oben sahen), und zwar, ausser solchen bei den einzelnen Keimzellen, auch solche im Durchschnitt aller Keimzellen desselben Individuums, einem andern gegenüber. Dagegen scheint die Thatsache zu sprechen, dass auch die Anlage für Weiss, also für das Aus-

bleiben aller Farbstoffbildung, der Anlage für Blau oder Gelb einer bestimmten Rasse gegenüber verschieden stark ist, je nach der Rasse (p. 85); es ist jedoch nicht zu vergessen, dass es sich hier nicht um die Anlagen für den Farbstoff handelt, sondern um die für das Plasma, das erst den Farbstoff bilden soll oder nicht bilden soll, und die Disposition, keinen zu bilden, recht gut verschieden stark sein kann. Eine definitive Entscheidung lässt sich einstweilen kaum geben.

Zusatz zu **d.** Dieses verschiedene Verhalten vor und nach der Spaltung, also in der ersten und in der zweiten Generation des Bastardes, ermöglicht es (wie ich schon 899, p. 415, Satz 16 betonte) fast immer, einen Xenienkolben (Endospermbastarde der ersten Generation) von einem Bastardkolben (Endospermbastarde der zweiten Generation) zu unterscheiden, auch wenn die Form und Grösse der Körner etc. keine Anhaltspunkte geben.

Dass die abgespaltene Anlage für Blau (in der Kleberschicht) gegenüber der reinen für Weiss schwächer ist, als die reine für Blau gegenüber der reinen für Weiss, könnte die Annahme veranlassen, sie sei schwächer, weil die Spaltung nicht vollkommen gewesen sei, weil die Keimzelle noch etwas von der Anlage für Weiss enthalte. Dann müsste man aber auch annehmen, die abgespaltene Anlage für Weiss enthalte noch etwas von der Anlage für Blau, und zwar mehr, als das abgespaltene Blau vom Weiss, weil jenes dem abgespaltenen Weiss gegenüber stärker ist, als die reine für Blau der reinen für Weiss gegenüber. Das setzt eine Theilbarkeit (des materiellen Substrates) der Anlagen in sehr verschieden wirksame Stücke voraus, eine Annahme, die nicht sehr wahrscheinlich ist. Ausserdem bliebe doch noch ein Unterschied zwischen der abgespaltenen und der reinen Anlage für dasselbe Merkmal bestehen: es ist nicht nur die durchschnittliche Stärke eine andere geworden, das Resultat der Bastardbestäubung ist auch ein viel gleichmässigeres, die Abweichungen vom Durchschnitt sind seltener und geringer. Wir müssen uns deshalb damit begnügen, die Thatsache zu constatiren, ohne sie zu erklären. Sie ist einstweilen noch eine Eigenthümlichkeit der Maisbastarde; bei den schizogonen Merkmalspaaren der Erbsen kommt nach meinen Erfahrungen nichts entsprechendes vor.

Ich habe bei anderen Objecten eine Reihe von Beobachtungen gemacht, aus denen eine deutliche Abhängigkeit des Stärkeverhältnisses eines homodynamen Anlagenpaares von äusseren Einflüssen, lange nach der Befruchtung, hervorgeht, eine Abhängigkeit, die nur möglich erscheint, wenn die beiden Anlagen A und a im Bastard selbständig bleiben, nicht zu einer neuen Anlage verschmelzen. Für den Mais fehlen mir noch derartige Thatsachen.

IV.

Die **Xenien.** Der „directe Einfluss" des Pollens zeigt sich nur beim Endosperm und lässt sich also ungezwungen durch die Verschmelzung des zweiten generativen Kernes aus dem Pollenschlauch mit den beiden Polkernen im Embryosack erklären, die eine „wahre Befruchtung" ist (p. 94 u. f.) und aus der ein Bastardendosperm hervorgeht.

Dass Form und Volum des Endosperms nach der Bastardbestäubung unverändert bleiben, erklärt sich daraus, dass beide unselbständige Kategorien sind, und die Form und die Capacität der Fruchtschale unverändert bleiben. Der Embryo ist im selben Fall. Da die Bastardirung auch als „Kreuzung" (im Sinne Darwin's) wirkt, lässt sich eine geringe Gewichtszunahme beobachten. Von den übrigen Merkmalskategorien lassen sich drei Gruppen bilden:

1) Es tritt stets dasselbe Merkmal auf, gleichgiltig ob die eine oder die andere Rasse

die ♀ Pflanze geliefert hat; der Pollen von I wirkt auf II, der von II aber nicht auf I. So bei der chemischen Beschaffenheit des Reservematerials im Endosperm.

2) Es treten beide Merkmale nebeneinander auf, sich mehr oder weniger mischend oder mengend (p. 93). Hier lassen sich wieder zwei Untergruppen unterscheiden:

a) Die einzelnen Körner eines Xenienkolbens sind untereinander wenig verschieden (die individuellen Schwankungen in der Stärke der Anlagen also nicht gross). So bei der Farbe des Endosperms (und, vielleicht, bei der physikalischen Beschaffenheit desselben).

b) Die einzelnen Körner eines Xenienkolbens sind untereinander sehr verschieden (die individuellen Schwankungen in der Stärke der Anlagen also sehr gross). So bei der Farbe der Kleberschicht.

Bei a) sind die Merkmale fast stets gemischt, bei b) bald gemischt, bald gemengt, bald beides zugleich.

3) Es tritt nur das Merkmal der ♀ Pflanze auf, die Bestäubung mit fremden Pollen bleibt (scheinbar!) wirkungslos, das Bastardendosperm gleicht dem Endosperm der **Mutter.** So bei der Form der Kleberzellen (und, vielleicht, bei der physikalischen Beschaffenheit des Endosperms). Wie sich diese, auf den ersten Blick mit der Annahme einer Bastardirung des Endospermes unvereinbare Thatsache erklären lässt, werden wir unten sehen. (In der zweiten Generation ist das Merkmalspaar homodynam (p. 124).

Das Geschlecht hat bei der Xenienbildung meist einen deutlichen Einfluss. Die Verbindung ♀ A + ♂ a (•) ist der Verbindung ♀ a + ♂ A (•) nur bei einer Kategorie ganz gleich, bei der chemischen Beschaffenheit des Endosperms (wie das nach dem oben sub 1 Gesagten zu erwarten war):

♀	♂		♀	♂	
•	und		. . . . .	•	*α)*
A	a		a	A	

Sonst pflegt das Bastardirungsprodukt (•) im Durchschnitt der **Mutter** ähnlicher zu sein:

♀	♂		♀	♂	
. . . . •	und		. . . . •		*β)*
A	a		a	A	

Dabei steht gewöhnlich die eine Verbindung der bei ihr als ♀ dienenden Rasse viel näher als die andere der bei ihr als ♀ dienenden Rasse:

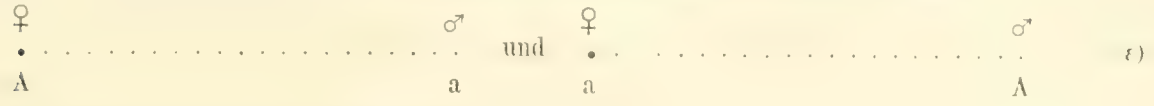
♀	♂		♀	♂	
. . •	und		. . . . . •		*γ)*
A	a		a	A	

Ja es kann die eine ganz mit der als ♀ dienenden Rasse zusammenfallen:

♀	♂		♀	♂	
•	und		. . . . . •		*δ)*
A	a		a	A	

Dann sieht es aus, als ob ♂ II auf ♀ I gar keinen Einfluss hätte. Das ist deutlich bei der Farbe des Endosperms, sehr deutlich bei der der Kleberschicht; je nach der Rasse oder dem Indi-

viduum finden wir bald das Verhalten von γ, bald das von δ. — Endlich finden wir auch noch, dass diese Verbindungen ganz den bei ihnen als ♀ dienenden Rassen gleichen können:



Hieher die Form der Kleberzellen.

All dies können wir erklären durch die Annahme, in den beiden Polkernen des Embryosackes verschmelze nicht eine gleich grosse Erbmasse mit der des zweiten generativen Kerns aus dem Pollenschlauch, sondern eine grössere, etwa eine doppelt so grosse. Das Nähere ist auf Seite 95 u. f. nachzusehen.

In Merkmalskategorien, die sich nicht auf das Endosperm bezogen, hatte bei meinen Versuchen das Geschlecht nur einen geringen Einfluss, der sich unschwer durch die verschiedenen Ernährungsbedingungen der Keime erklären lässt. Näheres darüber an anderer Stelle.

V.

Zum Schluss möchte ich noch ganz kurz auf die praktische Seite der Ergebnisse hinweisen.

Was zunächst die Xenien anbetrifft, so scheinen mir dieselben in doppelter Beziehung von Wichtigkeit:

Einmal ermöglichen sie es in vielen Fällen, eine stattgefundene Fremdbestäubung bald für jedes Korn, bald wenigstens für einen Theil der Körner mit aller Sicherheit festzustellen. Es ist das in doppelter Hinsicht von praktischer Bedeutung, einmal, weil es ermöglicht, die Rassen rein zu erhalten — indem man alle modificirten Körner bei Seite lässt —, und dann, weil es uns in Stand setzt, festzustellen, ob eine zu Züchtungszwecken vorgenommene Bastardbestäubung wirklich gelungen ist, und sicher bastardirte Körner zur Aussaat auszusuchen. Nach den mitgetheilten Angaben wird man auch feststellen können, ob es vortheilhafter ist, die Rasse I durch die Rasse II bestäuben zu lassen, oder die Rasse II durch die Rasse I; man wird als ♂ jene wählen, deren Pollen den stärkeren directen Einfluss hat. Wenn also z. B. ein weisser Mais mit einem gelben bastardirt werden soll, wird man den weissen durch den gelben und nicht den gelben durch den weissen bestäuben lassen. In solchen Fällen braucht man, wenn die als ♂ dienenden Pflanzen nicht rasserein gehalten werden sollen, die Castration der als ♀ dienenden nicht sehr sorgfältig auszuführen, ja man kann sie ganz unterlassen; die Bastardkörner sind als Xenien kenntlich.

Dann erlauben die Xenien, die sich bei der Selbstbestäubung der Bastardpflanzen bilden, festzustellen, welcher Abkunft der Bastardembryo zweiter Generation ist, und welche Merkmale die aus ihm erzogene Pflanze an ihren Kolben zeigen wird. Es ist das um so wichtiger, als bei der Windblüthigkeit des Maises Selbstbefruchtung nur bei isolirten Individuen möglich ist und dazu noch künstlich ausgeführt werden muss, wenn man einen wenigstens einigermassen erträglichen Körneransatz erzielen will. So aber ermöglichen es die Xenien, schon aus dem Saatgut, das die erste Generation des Bastardes geliefert hat, entweder eine Rasse mit dem recessiven Merkmal (bei heterodynamen Merkmalspaaren) oder gleich zwei Rassen, eine mit dem recessiven, eine mit dem dominirenden Merkmal (bei homodynamen Paaren), rein zu ziehen. Gespalten werden diese Paare ja immer.

Mit Rücksicht auf die Bastarde ist zunächt zu bemerken, dass jene Eigenschaften, die der Züchter bei einer Maisrasse schätzt (vergl. Thiele, 899) in den vorliegenden Untersuchungen nur

zum Theil berücksichtigt werden konnten, dass erst noch für viele festgestellt werden muss, ob sie in Kategorien mit homodynamen oder heterodynamen, homöogonen oder schizogonen Paaren gehören. Wo das aber bekannt ist, ist die Herstellung einer neuen Rasse, die zwei Eigenschaften aus verschiedenen Kategorien ihrer Stammeltern vereinigt, zu einer Aufgabe geworden, die planmässig gelöst werden kann. Am leichtesten ist die Vereinigung zweier Eigenschaften, die Kategorien vom Pisum- oder Zea-Typus angehören, z. B. die einer bestimmten Endospermfarbe mit einer bestimmten chemischen Beschaffenheit des Endosperms. Complizirter ist die Vereinigung, wenn das eine Merkmal einer Kategorie vom Pisum- oder Zea-Typus, das andere einer Kategorie vom Hieracium-Typus angehört, z. B. eine bestimmte chemische Beschaffenheit des Endosperms mit einer bestimmten Grösse oder Form der Körner. Hier muss event. Rückkreuzung mit der, das Merkmal vom Hieracium-Typus besitzenden Rasse angewandt werden, wenn dasselbe in voller Stärke auf die neue Rasse übergehen soll. Gehören beide Eigenschaften Kategorien vom Hieracium-Typus an, so lässt sich eine neue Rasse mit den ausgeprägten Eigenschaften beider Stammrassen nur dann erzielen, wenn der Bastard in beiden Merkmalskategorien vielförmig ist. Soweit nicht Xenienbildung einen Schluss auf die Eigenschaften der Embryonen ermöglicht, muss Isolirung und künstliche Selbstbestäubung angewandt werden. Im Uebrigen würde es zu weit führen, wenn ich die Lösung auch nur einer Aufgabe für jeden einzelnen Fall hier vorführen wollte. Wer das Vorstehende aufmerksam gelesen hat, wird sich selbst zurechtfinden.

Litteratur-Verzeichniss.

Das nachstehende Verzeichniss enthält jene Arbeiten, die sich auf Mais-Xenien und Mais-Bastarde beziehen, und einige wiederholt citirte Mittheilungen; die übrige Litteratur ist im Text angeführt. Abhandlungen, die ich nicht selbst einsehen konnte und nur aus Referaten kennen gelernt habe (vor allem durch die Zusammenstellung Kellerman's und Swingle's 890, **c**), sind mit † bezeichnet.

I. Litteratur über Xenien und Bastarde bei Zea Mays.

†1877. Beal, W. J., Report of the Professor of Botany and Horticulture (Mich. Agr. College). Sixteenth An. Rep. State Board Agr., Mich., p. 56.

†1878. — „ —, The Improvements of Grains, Fruits and Vegetables. Seventeenth An. Rep. State Board Agr., Mich., p. 450.

†1879. — „ —, Experiments and other work of the Horticultural Department (Mich. Agr. College). Eighteenth An. Rep. State Board Agr., Mich., p. 198.

1882. — „ —, Experiments in Crossbreeding Indian Corn, with flowers of the same variety. Am. Journ. of Sc., p. 452.

1833. Bonafous, M., Traité du Maïs, ou histoire naturelle etc. Mém. Soc. roy. et centr. d. Agric. Année 33. Paris.

†1836. — „ —, Histoire naturelle, agricole et économique du Maïs. Paris.

1809. Burger, J., Naturgeschichte, Cultur und Benützung des Mais. Wien.

†1887. Burrill, T. J., Annual Horticultural Report, Dec. 10, 1887, in the Fourteenth Report of the Board of Trustees of the University of Illinois, for the two years ending September 30, 1888, p. 84.

1892. Mc Cluer, W. G., Corn Crossing. University of Illinois, Agricultural Experiment Station, Champaign, May. Bull. Nr. 21.

1899. Correns, C., Untersuchungen über die Xenien bei Zea Mays. Berichte d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. XVII. Heft 10, p. 410. (Dezember-Sitzung 1899).

1900, **a.** — „ —, G. Mendel's Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Rassenbastarde. Ebendort, Bd. XVIII, Heft 4, p. 158 (April-Sitzung 1900).

1900, **b.** — „ —, Gregor Mendel's „Versuche über Pflanzenhybriden" und die Bestätigung ihrer Ergebnisse durch die neuesten Untersuchungen. Botan. Zeitg. Bd. 58, II. Abth. Sp. 229 (1. Aug.)

1900, **c.** — „ —, Referat über de Vries' und seine eigene vorläufige Mittheilung über Xenien bei Zea Mays. Botan. Zeitg. Bd. 58, II. Abth. Sp. 235 (1. Aug.).

†1887, **a.** Crozier, A. A., Immediate Influence of Cross-Fertilization upon the Fruit. Dept. of Agriculture, Report, p. 312.

†1887, **b.** — „ —, Some Crosses in Corn. Proceedings 8th Annual Meething, Soc. Promotion of Agr. Science, p. 91.

1868. Darwin, C. R., The variation of animals and plants under domestication. 2 Vol. London. Citirt wurde nach:

1893. — „ —, The variation of animals and plants under domestication. Ed. II. London.

†1724. Dudley, P., Esqu., An Observation on Indian Corn. Oct. 1724. Philosophical Transactions. Abridgment. Vol. VI, part II, pp. 204—5.

1827. Gärtner, C. F., Correspondenz, in der Flora oder Botanische Zeitung X. Jahrg., Bd. I, pag. 74.

1828. — „ —, Correspondenz, ebendaselbst, XI. Jahrg., Bd. II, p. 555.

1849. — „ —, Versuche und Beobachtungen über die Bastarderzeugung im Pflanzenreich. Stuttgart.

1813. Gallesio, G., Conte, Teoria della riproduzione vegetale. Vienna.

†1897. Harshberger, J. W., Fertile crosses of teosinte and maize. U. S. Dep. Agric. Exper. Stat. Rec. Vol. VIII. 7. Washington. (Ref. in Just's Botan. Jahresb.)

1885. Harz, C. O., Landwirthschaftliche Samenkunde. Berlin.

†1889. Hays, Willet M., Improving Corn by Cross-Fertilization and by Selection. Bulletin No. 7, Minn. Exp. Station, pp. 27—33.

1867. Hildebrand, F. Unmittelbarer Einfluss der Pflanzenbastardirung auf die durch dieselbe erzeugte Frucht. Verh. des naturh. Ver. d. Rheinl. u. Westf. Bd. XXIV, S. 101 u. f.)

1868. — „ —, Einige Experimente und Beobachtungen über . . . . 2) den directen Einfluss des fremden Pollens auf die Beschaffenheit der durch ihn erzeugten Frucht. Botan. Zeitg. Bd. 26, Sp. 325 u. f.

1888. Kellerman, W. A., and Swingle, W. T., Experiments in Cross-Fertilization of Corn. First An. Rep. Kan. Exp. Station, p. 316.

1890, **a.** — „ —, Experiments in crossing varieties of Corn. Ebenda, II. Annual Report, p. 288.

1890, **b.** — „ —, Crossed Corn the second Year. Ebenda, p. 334.

1890, **c.** — „ —, Bibliography of Crossfertilization of varieties of corn. Ebenda, p. 346.

1890, **d.** — „ —, Preliminary study of the receptivity of corn silk. Ebenda, p. 353.

1872. Koernicke, F., Vorläufige Mittheilungen über den Mais. Verhandl. d. naturh. Ver. d. preuss. Rheinl. und Westf. Bd. 29. Sitzungsb. S. 64.

1885. Koernicke, F., und Werner, H., Handbuch des Getreidebaues. 2 Bände. Bonn.

†1882. Lazenby, W. R., Improvements or modification of varieties by crossing or hybridizing. First An. Report Ohio Agr. Exp. Station, pp. 69—68.

†1883. — „ —, Crossing varieties of corn. Second An. Rep. of the Ohio Agr. Exp. Station, pp. 63—65.

†1884. — „ —, Corn Experiments; test of varieties. Third An. Rep. Ohio Agr. Exp. Station, pag. 64.

†1885. — „ —, Experiments with Corn: Cross-fertilization. Fourth An. Rep. Ohio Experiment Station, p. 31.

1884. Meehan, Th. Immediate Influence of Pollen on Fruit. Proc. Acad. Nat. Sciences of Philadelphia, p. 297.

†1892. Munson, W. M., Preliminary notes on the secondary effects of pollination. Annual Report. of the Maine State College, Agricultural Experiments Station Orono, Maine. Bangor. Part. II, p. 29—58. 1 plate. (Ref. Bot. Centr. Bl. LIV, p. 165, 1893.)

1844. Oberdieck, J. G. C. Die Probe- oder Sortenbäume. (Ich sah nur die zweite Auflage, Ravensburg 1871, wo die cit. Stelle auf p. 48 steht.)

1837. Puvis, A., De la dégénération et de l'exstinction des variétés de végétaux propagés par les greffes, boutures, tubercules, etc. et de la création des Variétés nouvelles par les croisemens et les semis. Paris.

1826. Sageret, Considérations sur la Production des Hybrides, des Variantes et des Variétés en général, et sur celles de la famille des Cucurbitacées en particulier. Ann. d. Sc. natur T. VIII.

1900. Sargant, E., Recent Work on the Results of Fertilization in Angiosperms. Annals of Botany, Vol. XIV, No. LVI. December.

†1889. Speer, R. P., Experiments with Corn. Bulletin No. 7, Jowa Agr. Exp. Station. Nov., pag. 53.

†1874. Stockton-Hough, Dr. J., Americ. Naturalist, January, p. 29. (Citirt nach Darwin, 893, p. 431).

1900. Strasburger, E., Einige Bemerkungen zur Frage nach der „doppelten Befruchtung" bei den Angiospermen. Botan. Zeitg. Bd. 58. (II. Abth., Sp. 293).

†1882. Sturtevant, Lewis E., Corn Hybrizidation. Report of the Board of Control of the N. Y. Exp. Station, p. 54.

†1883. — „ —, Directors' Report Second An. Rep. Board of Control N. Y. Agr. Exp. Station. Botanical notes; pp. 37—56.

†1884. — „ —, A Study of Maize. Third An. Rep. Board of Control, N. Y. Agr. Exp. Station, pp. 124—188.

†1885. — „ —, Indian Corn and the Indian. American. Naturalist. Vol. XIX, Nr. 3, March pag. 233.

†1885. — „ —, A Study of Maize. Fourth An. Rep. Board of Control, N. Y. Agr. Exp. Station, pp. 95, 96.

†1885. — „ —, An Observation in the Hybridization and Cross-Breeding of Plants. American Naturalist. Vol. XIX, Nr. 11, Nov., p. 1041.

†1886. — „ —, Indian Corn. Fifth An. Rep. Board of Control, N. Y. Agr. Exp. Station, pp. 58—66.

1897. Swingle, W. T. and Webber, H. J., Hybrids and Their Utilization in Plant Breeding. Yearbook of Departm. of Agric.

†1888. Tracy, W. W., Experiments in Crossing Corn, Tomatoes and Carrots. Eighteenth An. Rep. State Horticultural Society of Mich., p. 43.

1867. Vilmorin, Henri l'evêque de, Sur la fecondation du Maïs. Bull. Soc. Botan. de France, Tome XIV. p. 246, Séance du 29 Novembre.

1899. Vries, Hugo de, Sur la fécondation hybride de l'albumen. Compt. rend. Acad. Paris, 4. déc.

1900, a. — „ —, Sur la loi de disjonction des hybrides. Compt. rend. Acad. Paris, 26 mars.
1900, b. — „ —, Das Spaltungsgesetz der Bastarde. (Vorläufige Mittheilung.) Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch., Bd. XVIII. Heft 3, p. 83 (März-Sitzung 1900).
1900, c. — „ —, Sur la fécondation hybride de l'endosperme chez le Maïs. Rev. gén. de Bot. T. XII. p. 129 u. f. (15. April).
1900, d. — „ —, Sur les unitès des Caractères spécifiques et leur application à l'étude des hybrides. Rev. génér. de Botan. T. XII, (15. Juillet).
1900, a. Webber, J. H. Work of the United States Department of Agriculture on plant Hybridisation. Journal of the Royal Horticultural Society, Hybrid-Conference, Vol. XXIV. (April).
1900, b. — „ —, Xenia, or the immediate effect of pollen, in Maize. U. S. Depart. of Agric. Bull. Nr. 22. Issued September 12.
1899. Webber, J. H. and Bessey, E. A., Progress of Plant Breeding in the United States. Reprint from Yearbook of Department of Agriculture.

II. Weitere, wichtigere Litteratur.

1895. Beck, Günther, Ritter von Mannagetta, Ueber Mischfrüchte (Xenien) und deren Entstehung. Wiener Illustr. Garten-Zeitung, April.
1901. Correns, C., Ueber Levkojenbastarde. Zur Kenntniss der Grenzen der Mendel'schen Regeln. Bot. Centr.-Bl. Bd. LXXXIV, p. 97. (17. Oct.)
1898. Driesch, H., Ueber rein-mütterliche Charaktere an Bastardlarven von Echiniden. Archiv f. Entwicklungsmechanik, Bd. VII, p. 65 u. f.
1881. Focke, W. O., Die Pflanzenmischlinge. Berlin.
1893. Giltay, E., Ueber den directen Einfluss des Pollens auf Frucht- und Samenbildung. Pringsheims Jahrb. wiss. Bot. Bd. XXV, p. 489.
1826. Mendel, G., Versuche über Pflanzen-Hybriden. Verhandl. des naturf. Vereines in Brünn, 1866.
1870. — „ —, Ueber Hieracium-Bastarde. Ebenda, 1870.
1894. Millardet, A., Note sur l'hybridation sans croisement ou fausse hybridation. Extrait des Memoires de la Societé des Sciences physiques et naturelles de Bordeau, t. IV (4e Serie), Bordeau.
1884. Nägeli, C., Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. München.
1863. Naudin, Ch., Nouvelles recherches sur l'hybridité dans les végétaux. Nouvelles Archives du Muséum, Tome I.
1900. b. Strasburger, E., Versuche mit diöcischen Pflanzen in Rücksicht auf Geschlechtsvertheilung. Biolog. Centralbl., Bd. XX, Nr. 20—24, p. 657 u. f.
1899. Thiele, P., Der Maisbau. Stuttgart.
1900. Tschermak, E., Ueber künstliche Kreuzung bei Pisum sativum. Zeitschr. f. d. landwirthschaftl. Versuchsw. in Oesterreich, 5. Heft.
1889. Vries, Hugo de, Intracellulare Pangenesis. Jena.
1900, e. — „ —, Ueber erbungleiche Kreuzungen. (Vorläufige Mittheilung.) Ber. der Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. XVIII, p. 53 (November-Sitzung).
1892. Weismann, A., Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung. Jena.

Figurenerklärung zu Tafel I.

Sämmtliche Figuren stellen in doppelter Grösse Körner reiner Rassen (1—28), Xenienkörner (29—93) und Entwicklungsstadien etc. (94—105) dar. Abgesehen von den besonders hervorgehobenen Ausnahmen sind alle Körner so orientirt, wie sie am Kolben stehen, wenn man diesen aufrecht vor sich hält. Von hier aus ist auch das „von oben", „von unten", „von der Seite" zu verstehen. Sie wurden absichtlich nur so weit plastisch dargestellt, als die Färbung dadurch nicht unklar wurde. Bei der Wiedergabe durch den Farbendruck sind nicht alle Töne, auf deren exakte Darstellung ich bei meinen Originalen sehr grosse Mühe verwandt habe, genau gekommen, trotz aller Sorgfalt; besonders enthalten die gelben Töne vielfach zu viel Roth, sodass der Unterschied zwischen „hellgelb", „gelborange" und „orange" nicht deutlich ist. Einige besonders starke Abweichungen sind im Folgenden vermerkt.

I. Reine Rassen.

Fig. 1, 2. *R. alba.*
„ 3, 4. *R. leucodon* (Adams Early Table).
„ 5—8. *R. leucoceras*, 5 von unten, 6, 7 von der Seite.
„ 9, 10. *R. gilva.* Sollte reiner und etwas heller gelb sein.
„ 11, 12. *R. vulgata.*
„ 13. *R. nana.*
„ 14, 15. *R. acuminata*, von der Seite.
„ 16. *R. rubra*, zur Hälfte geschält.
„ 17—19. *R. Philippi*, 18 zur Hälfte geschält und um 90° gedreht.
„ 20—22. *R. dulcis*, 21 um 90° gedreht, 22 besonders wenig runzelig (vergl. p. 39).
„ 23. *R. cyanea.* Das Blau enthält zu viel Roth.
„ 24—26. *R. coeruleodulcis.* 24 wurde reif zur Hälfte geschält und trocknete so aus; um 90° gedreht.
„ 27, 28. *R. cyanornis*, von unten.

II. Xenien: Körner reiner Rassen mit Bastard-Endosperm.

„ 29—35. *R. alba*, bestäubt mit der *R. nana* (Vers. 46). 32—34. „gefleckte" Körner. 32 und 33 von der Seite; 34 dasselbe Korn wie 33, von unten; 35 mit Sprüngen im Endosperm. Besonders Fig. 29 ist etwas zu dunkel ausgefallen.
„ 36, 37. *R. leucodon*, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 62), 36 um 90° gedreht.
„ 38. *R. leucoceras*, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 68), von unten. Zu stark orange.
„ 39, 40. *R. rubra*, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 21), 37 aufgeplatzt, 38 zur Hälfte geschält, beide um 90° gedreht. Das Gelb enthält zu viel Roth.
„ 41. *R. rubra*, bestäubt mit der *R. nana* (Vers. 48), zur Hälfte geschält, um 90° gedreht.
„ 42. *R. gilva*, bestäubt mit der *R. Philippi* (Vers. 26), um 90° gedreht.
„ 43. *R. nana*, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 47), hellstes Korn.

Fig. 44. *R. acuminata*, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 37), von der Seite.
„ 45. *R. vulgata*, bestäubt mit der *R. acuminata* (Vers. 38), von oben, um 90° gedreht.
„ 46, 47. *R. acuminata*, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 64), von unten, 46 das hellste Korn.
„ 48. *R. alba*, bestäubt mit der *R. acuminata*, (Vers. 65) von unten.
„ 49, 50. *R. dulcis*, bestäubt mit der *R. rubra* (Vers. 49), 49 nicht vollkommen „gefüllt".
„ 51. *R. dulcis*, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 55).
„ 52—58. *R. alba*, bestäubt mit der *R. cyanea* (Vers. 7). Fig. 53 war noch reiner blau.
„ 59—61. *R. cyanea*, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 8).
„ 62. *R. coeruleodulcis*, bestäubt mit der *R. rubra* (Vers. 58). Zur Hälfte wurde die Fruchtschale, zu 1/4 auch die Kleberschicht entfernt; um 90° gedreht.
„ 63, 64. *R. rubra*, bestäubt mit der *R. cyanea* (Vers. 18), 63 zur Hälfte geschält und um 90° gedreht, 64 ganz geschält.
„ 65—73. *R. coeruleodulcis*, bestäubt mit der *R. leucoceras* (Vers. 71). Fig. 67 sollte reiner blaugrün, Fig. 70 reiner blau sein, in 71 und 73 steckt zu viel Gelb.
„ 74, 75. *R. leucoceras*, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 70), von unten.
„ 76—78. *R. leucoceras*, bestäubt mit der *R cyanornis* (Vers. 45), von unten.
„ 79. *R. dulcis*, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 9).
„ 80. *R. acuminata*, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 67). Sollte reiner gelblich sein.
„ 81—83. *R. vulgata*, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 60). Ebenso.
„ 84. *R. cyanea*, bestäubt mit der *R. Philippi* (Vers. 31).
„ 85. *R. gilva*, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 61). Wie oben.
„ 86. *R. dulcis*, bestäubt mit der *R. cyanea* (Vers. 52). Sollte reiner blau sein.
„ 87, 88. *R. coeruleodulcis*, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 59), beide um 90° gedreht, 88 zur Hälfte geschält.
„ 89. *R. cyanea*, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 27), um 90° gedreht und zur Hälfte geschält.
„ 90, 91. *R. nana*, bestäubt mit der *R. coeruleodulcis* (Vers. 66).
„ 92, 93. *R. Philippi*, bestäubt mit der *R. cyanea* (Vers. 30).

Zu p. 26 u. 43.

„ 94. *R. vulgata*, das Endosperm hat die Fruchtschale gesprengt.
„ 95. *R. alba*, ebenso; um 90° gedreht.
„ 96, 97. *R. cyanornis*, ebenso, dasselbe Korn von der Seite und von unten.

Zu p. 33 u. 35.

„ 98, 99. *R. cyanornis*, Auftreten des Blau vor der Reife, 98 von der Seite, 99 von unten.
„ 100—102. *R. coeruleodulcis*, Auftreten des Blau vor der Reife, am selben Kolben.
„ 103. *R. vulgata*, Auftreten des Gelb vor der Reife.

Zu p. 32.

„ 104. *R. nana*, krankes Korn mit gestreifter Fruchtschale.
„ 105. *R. alba* + *R. nana*, krankes Korn mit gelber Fruchtschale, die in der Mitte weggeschnitten ist, um das farblose Endosperm zu zeigen.

Figurenerklärung zu Tafel II.

Sämmtliche Kolben sind in $^2/_3$ der natürlichen Grösse aufgenommen. Die Tafel sollte ursprünglich schwarz bleiben. Sie wurde dann von M. Rommel & Co. colorirt, da die Farbenunterschiede in der Photographie lange nicht so deutlich kamen, als ich gehofft hatte. Es sollte dabei nur die Farbenvertheilung im Grossen und Ganzen wiedergegeben werden. Auf ganz exakte Wiedergabe der Nuancen ist kein Gewicht gelegt; hiefür soll Tafel I dienen.

Fig. 1. *R. alba* (1900).

„ 2. Xenien-Kolben, *R. alba*, bestäubt mit der *R. nana* (Vers. 46, 1900).

„ 3. Xenien-Kolben, *R. nana*, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 47, 1900). Die hellere Färbung gegenüber Fig. 4 tritt nicht hervor.

„ 4. *R. nana* (1900).

„ 5. Bastard, *R. alba* + *R. nana*, I. Generation (Vers. 104).

„ 6. Bastard, *R. alba* + *R. nana*, II. Generation, weiss (Vers. 105).

„ 7. Xenien-Kolben, *R. alba*, bestäubt mit der *R. cyanea* (Vers. 7, 1900).

„ 8. Xenien-Kolben, *R. cyanea*, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 8, 1900).

„ 9. *R. cyanea.*

„ 10. Xenien-Kolben, *R. coeruleodulcis*, bestäubt mit der *R. leucoceras*, (Vers. 71, Gruppe I).

„ 11. Xenien-Kolben, *R. coeruleodulcis*, bestäubt mit der *R. vulgata* (Vers. 59).

„ 12. *R. coeruleodulcis.*

„ 13. Xenien-Kolben, Bastard *R.* ♀ (♀ *alba* + ♂ *cyanea*) + ♂ *dulcis*, I. Generation aus weissen Körnern, bestäubt mit dem Bastard *R.* ♀ (♀ *alba* + ♂ *cyanea*) + ♂ *dulcis*, I. Generation aus blauen Körnern (Vers. 120).

„ 14. Bastard *R.* ♀ (♀ *alba* + ♂ *cyanea*) + ♂ *dulcis*, I. Generation aus blauen Körnern, mit sich selbst bestäubt (Vers. 119). Die etwas gelblichere Nuance der runzeligen „weissen" Körner ist übertrieben worden.

„ 15. Bastard *R. rubra* + *cyanea*, I. Generation, aus rothen Körnern, mit sich selbst bestäubt (Vers. 85). Hier tritt gerade der Hauptpunkt, die mittlere Färbung vieler Körner, wenig hervor, die meisten der nur wenig blau gefärbten wurden weiss gelassen.

„ 16. Bastard *R. rubra* + *cyanea*, I. Generation, aus schwarzen Körnern, mit sich selbst bestäubt (Vers. 84).

„ 17. Xenien-Kolben, *R. alba*, bestäubt mit dem Bastard *R. vulgata* + *cyanea* (Vers. 99.)

„ 18. Xenien-Kolben, Bastard *R.* ♀ [♀ (♀ *alba* + ♂ *cyanea*) + ♂ *dulcis*] blau + ♂ *alba*, I. Generation aus blauen Körnern, bestäubt mit der *R. alba* (Vers. 137). Die Grundfarbe ist viel zu gelb ausgefallen, sie entspricht in Wirklichkeit der von Fig. 1; auch treten die nur wenig blauviolett überlaufenen Körner nicht genügend hervor.

1.
2.
3.
4.
5
6
7.
8.
9.
10.
11
12.
13
14
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24
25
26.
27.
28.
29.
30.
31.
32.
33.
34.
35.
36.
37.
38.
39.
40.
41.
42.
43.
44.
45.
46.
47.
48.
49.
50.
51.
52.
53.
54
55.
56.
57.
58.
59.
60.
61.
62.
63.
64.
65.
66.
67.
68.
69.
70.
71.
72.
73.
74
75.
76.
77.
78.
79
80.
81
82.
83.
84.
85.
86.
87.
88.
89.
90
91.
92.
93
94
a
b
96.
97
98
99
100.
101.
102
103
104.
105.

Farbendruck

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. Chr. Luerssen
in Königsberg i. Pr.

Heft 54.

Dr. Aladár Richter:

Physiologisch-anatomische Untersuchungen über Luftwurzeln mit besonderer Berücksichtigung der Wurzelhaube.

Mit 12 Tafeln.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1901.

BIBLIOTHECA BOTANICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesammtgebiete der Botanik.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. Chr. Luerssen
in Königsberg i. Pr.

Heft 54.

Dr. Aladár Richter:

Physiologisch-anatomische Untersuchungen über Luftwurzeln
mit besonderer Berücksichtigung der Wurzelhaube.

Mit 12 Tafeln.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1901.

Physiologisch-anatomische Untersuchungen über Luftwurzeln

mit besonderer Berücksichtigung der Wurzelhaube.

Von

Dr. Aladár Richter,

Professor der Botanik an der königl. Ungar. Universität

zu Kolozsvár.

Mit 12 Tafeln.

STUTTGART.

Verlag von Erwin Nägele.

1901.

Alle Rechte vorbehalten.

Druck der Oehler'schen Buchdruckerei, Heilbronn.

Die Forscher beschäftigen sich seit langem mit der Erklärung der anatomischen, physiologischen und entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse der Luftwurzeln; schon am Anfange dieses Jahrhunderts war es H. Fr. Link, einer der Fundamental-Arbeiter der deutschen Wissenschaft auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie, der sich besonders mit der Erklärung der anatomischen Eigentümlichkeiten beschäftigte. Die Entdeckung des Absorptions-Systems der Luftwurzeln der Orchideen, des „Velamen Radicum" (Schleiden), knüpft sich an seinen Namen. Dutrochet, R. Brown, später der eifrige Schüler Link's: F. J. F. Meyen, bald H. v. Mohl, H. Schacht, M. J. Schleiden, F. Unger, A. Chatin, J. W. Fockens vermehrten unsere Kenntnisse auch auf diesem Gebiete mit bedeutenden Beiträgen.[1]) Freilich sind diese Untersuchungen im Grossen und Ganzen nur als Grenzsteine zu betrachten, da sie mit unvollkommenen Mitteln durchgeführt worden sind.

Neben A. Chatin's Arbeiten sind es hauptsächlich diejenigen C. A. J. A. Oudemans'[2]), später H. Leitgeb's[3]), welche die Grundlage unserer Kenntnisse über die Luftwurzeln bilden. Das sehr ausführliche und auf Untersuchung der Luftwurzeln von 40 Orchideen-Spezies gegründete Werk Oudemans' bezieht sich aber allein auf das Velamen Radicum und die darunter befindliche Zellenlage („Epidermis" [Meyen und Schleiden] = Endodermis [Oudem., und Leitgeb] = „Exodermis oder äussere Endodermis" [Haberlandt[4])]), ebenso wie die Mehrzahl der Angaben, die sich in den Arbeiten der früheren Forscher befinden.

[1]) H. Fr. Link, Elementa Philosophiae Botanicae. Cum tabulis aeneis IV. Berolini, 1824.

R. Brown, Nachträgliche Beobachtungen über die Befruchtung der Orchideen und Asclepiadeen. — Flora (oder allgem. botan. Zeitung) Regensburg, 1834, Nr. 2.

F. J. F. Meyen, Phytotomie, Berlin, 1830.

— — Neues System der Pflanzenphysiologie, Berlin, 1837—9.

H. v. Mohl, Ueber den Bau der vegetab. Zellmembran. — Flora, 1839, Nr. 6.

H. Schacht, Lehrb. d. Anat. u. Physiol. der Gewächse. Berlin, 1856.

M. J. Schleiden, Grundzüge d. wissensch. Botanik. I. Aufl. Leipzig, 1842—3. — IV. Aufl. Berlin, 1861.

F. Unger, Anat. u. Physiol. der Pflanzen. Pest, Wien u. Leipzig, 1855.

A. Chatin, Anat. des plantes aëriennes de l'Ordre des Orchidées. Mém. de la Soc. imp. des Sciences Natur. de Cherbourg, Tom. IV. 1856. (Diese Arbeit [sowie die folgende] stand mir zu meinem Bedauern nicht zur Verfügung, obwohl es ein bedeutenderes Quellenwerk ist, da das erste Heft der cit. Mémoiren sich nur mit der vergleichenden Untersuchung der Orchideen-Luftwurzeln beschäftigt. — Siehe: Schacht, l. c. pag. 168).

J. W. Fockens, Ueber die Luftwurzeln der Gewächse. Eine, in Göttingen verteidigte Dissertation, 1857.

[2]) C. A. J. A. Oudemans, Ueber den Sitz der Oberhaut bei den Luftwurzeln der Orchideen. Verhandelingen der koninklijke Akademie van Wetenschappen. Negende deel Amsterdam, 1861; pp. 1—32. Taf. I—III.

[3]) H. Leitgeb, Die Luftwurzeln der Orchideen (Mit 3 Tafeln). — Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Wien. Math.-Naturw. Cl. Bnd. (1865) XXIV; pp. 179—222.

[4]) G. Haberlandt, Physiolog. Pflanzenanatomie. II. Aufl. 1896. pag. 201. — Kernscheide (Leitgeb) Schutzscheide (Caspary) = (innere) Endodermis (Haberlandt l. c. p. 316).

Das Hauptgewicht der classischen Arbeit Leitgeb's beruht zwar auf der Erforschung der Eigentümlichkeiten des Velamen; aber im Laufe der auf 69 Orchideen- und 26 Araceen-Spezies ausgedehnten Untersuchung dehnte er — besonders Chatin's, dann Oudemans' Untersuchungen im Auge behaltend — seine Aufmerksamkeit auch auf die anderen Teile der Luftwurzel („Endodermis" Oud., Rindenparenchym, Gefässbündel und das Mark[1]) aus, setzt deren Entwicklungsverhältnisse auseinander und spricht im Allgemeinem von der physiologischen Funktion der Luftwurzeln.

Beim weiteren Studium der einschlägigen Daten der Litteratur bis auf die neueste Zeit finden wir, dass in kleineren oder grösseren Zwischenräumen immer wieder und zwar ausgezeichnete Forscher sich fanden, welche sowohl die in der eigentlichen Heimat, als in den Gewächshäusern vegetierenden Mitglieder der tropischen Flora auch bezüglich der Luftwurzeln eingehender untersuchten. Nur der historischen Reihenfolge wegen zählte ich die Arbeiten der genannten Autoren auf; die kurze Zusammenfassung der darin enthaltenen Untersuchungs-Ergebnisse kann ich schon deshalb weglassen, weil sie in Oudemans' und Leitgeb's cit. Werken zu finden ist.

Es würde auch zu weit führen, wenn ich die Angaben, die mein Thema betreffen, aus den kleineren Arbeiten früherer oder späterer Zeit schon hier zusammenfassen wollte. Ich muss mich mit der blossen Erwähnung der Arbeiten der hervorragenderen Autoren begnügen und kann nur hie und da eine flüchtige Bemerkung machen.

Höhnel[2]) bespricht kritisch mit der möglichsten Ausführlichkeit unter dem Titel „Literatur-Bemerkungen" am Ende einer seiner Arbeiten die äussere, wie die innere Endodermis der Wurzel, namentlich aber die chemische Beschaffenheit ihrer Zellwände, besonders vom Gesichtspunkt der Verkorkung; am Ende beruft er sich auf Leitgeb's Untersuchungen und erörtert auch die physiologische Bedeutung der äusseren Endodermis der Wurzeln — spricht aber nicht von der Struktur der Wurzelhaube und von der chemischen Beschaffenheit ihrer Zellwände.

Die interessanten Aufsätze F. W. Schimper's[3]) über Bau- und Lebensverhältnisse der Epiphyten Westindiens dehnen sich natürlich auch auf die Luftwurzeln aus, und zwar hauptsächlich auf die der Orchideen und Aroideen.

Er konstatierte bedeutende anatomische Abweichungen zwischen den Haft- und Nährwurzeln der Aroideen, während bei Oncidium altissimum, welches nach ihm als Typus für eine Anzahl sich ähnlich verhaltender Orchideen betrachtet werden kann, die anatomische Struktur der genannten Wurzelarten identisch ist; der Unterschied zwischen beiden ist höchstens quantitativ, insofern das Velamen der Nährwurzel relativ viel dicker ist als das der Haftwurzel, was eine natürliche und leicht erklärbare Erscheinung ist. Aehnliche Fälle hat auch F. A. F. C. Went beobachtet.

Übrigens bewegt sich die Arbeit Schimper's in viel weiterem Rahmen, als dass er der ausführlichen Behandlung der Luftwurzeln ein besonderes Kapitel hätte widmen können. Die biologische Schilderung der epiphyten Vegetation war sein Ziel, und so konnte er sich in solche Details — wie z. B. die Wurzelhaube - nicht einlassen. Auch die anatomische Beschreibung der übrigen Teile der Luftwurzel kommt nur an zweiter Stelle in Betracht und in dieser Hinsicht beschränkt er sich auf die Hervorhebung der Momente, die notwendig sind zum Verständnis der Lebensweise der epiphyten Pflanzenwelt.

[1]) Leitgeb, l. c. p. 182.

[2]) F. v. Höhnel, Ueber den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt. Mit 2 Tafeln. — Sitzungsber. d. Math.-Naturw. Cl. d. kais. Akad. d. Wissensch. Wien; Bnd. LXXVI (Jahrg. 1877) 1878., pp. 507—662.

[3]) A. F. W. Schimper, Ueber Bau und Lebensweise der Epiphyten Westindiens. Mit Taf. III. u. IV. Botan. Centralbl. XVII (1884), pp. 192, 223, 253, 284, 319, 350, 381.

Für meine Untersuchungen kommt mehr in Betracht eine Abhandlung Janczewski's[1]), die sich ausschliesslich mit den Orchideen, und zwar mit den Wurzeln von 6 Species mit besonderer Rücksicht auf ihre Dorsiventralität beschäftigt.

Von den seinen Untersuchungen zu Grunde liegenden Orchideenspecies ist es das einzige Oncidium sphacelatum, mit dem auch ich mich beschäftigt habe, das aber Janczewski am kürzesten behandelt. Uebrigens zeigen auch die Figuren, dass Janczewski ohne Beachtung der Wurzelhaube das Hauptgewicht ebenfalls auf die Untersuchung des Velamen und der Endodermis legt. Denn ein paar Anmerkungen, wie z. B. von der Wurzelhaube von Aeranthus fasciola, können höchstens zur makroskopischen Demonstration der Dorsiventralität dienen; Tafel 6. Fig. 10. der cit. Arbeit zeigt dies genügend.

K. Goebel's[2]) Arbeit über die Luftwurzeln von Sonneratia und Avicennia, und im Zusammenhange damit H. Schenck's[3]) Beobachtungen über die Luftwurzeln von Avicennia und Laguncularia werden im Laufe der eingehenden Ausführung besprochen werden. Doch erwähne ich sie zur Illustration dessen, dass die Specialverhältnisse einiger Luftwurzeln oft solche sind, dass ihre Besprechung auch schon vorher über den Rahmen einer „Notiz" hinausging.[4])

Als Goebel's citiertes Werk erschienen war, beschäftigte sich L. Jost[5]) mit der Untersuchung der „negativ geotropischen" Wurzeln der Palmen. In Bezug auf die Palmenwurzeln ist dies, nach H. von Mohl's[6]) grossem Werke über den Bau der Palmen, eine der wichtigsten Arbeiten, die uns mit bisher unerforschten Organen bekannt machten. Alles, was Jost von „Pneumathoden" entwickelnden tropischen Phoenixwurzeln konstatierte, beobachtete ich selbst; ich will diese Beobachtungen nicht wiederholen und beschränke mich nur auf die Mitteilung jener Wahrnehmungen, die gleichsam zur Ergänzung der Jost'schen Angaben dienen können.

Es war schon die Rede davon, dass die Untersuchungen über die Luftwurzeln der Orchideen besonders des gemeinsamen Velamens wegen in gewissem natürlichen Zusammenhange mit den Beobachtungen über die Aroideen-Wurzeln stehen.

Die Aroideen gehören übrigens zu den wenigen Pflanzenfamilien, die sowohl in morphologischer als in anatomischer Hinsicht sehr ausführlich untersucht worden sind.[7]) Genauere Kenntnisse über ihre

[1]) E. Janczewski, Organisation dorsiventrale dans les racines des Orchidées. — Annales des Sciences Naturelles. 7-ième Série. Botanique. Tome (1885) II. Planches. IV—VI; pp. 55—81.

[2]) K. Goebel, Ueber die Luftwurzeln von Sonneratia. — Berichte d. deutsch. bot. Gesellschaft, Bnd. (1886) IV, pp. 249—55. — Haberlandt, Botan. Tropenreise, Leipzig, 1893, p. 189.

[3]) H. Schenck, Ueber die Luftwurzeln von Avicennia tomentosa und Laguncularia racemosa. Hierzu Taf. III. — Flora, Neue Reihe 47. (1889) Jahrg., pp. 83—88.

[4]) H. Leitgeb, Zur Kenntnis von Hartwegia commosa Nees. Mit I. Tafel. — Sitzungsber. d. Math.-Naturwiss. Cl. d. kais. Akad. d. Wissensch. Wien, Bnd. (1864) XLIX, pp. 138–60.

— — Ueber kugelförmige Zellverdickungen in der Wurzelhülle einiger Orchideen. Mit I. Taf. Sitzungsber. etc. l. c. pp. 275—86.

[5]) L. Jost, Ein Beitrag zur Kenntnis der Atmungsorgane der Pflanzen. Hierzu Taf. VII. Dissert. — Botan. Zeitung, Jahrg. (1887) 45. pp. 601, 617, 633.

[6]) H. von Mohl, Vermischte Schriften botan. Inhalts. Tübingen, 1845, p. 129 et squ. Ueber den Bau des Palmenstammes (De structura palmarum in Martius Gen. et spec. palmarum).

[7]) Schott, Prodromus systematis Aroidearum. Vindob. 1860.

Ph. Van Tieghem, Recherches sur la structure des Aroidées Pl. 1—10. — Annales d. sc. natur. 5-ième Série, Botan. Tom. VI. (1866), pp. 72—210.

A. Engler, Vergl. Unters. über d. morphol. Verhältnisse d. Araceae. Nova Acta d. kais. Leop.-Carol.-Deutschen Akad. d. Naturf. Bnd. (1877) XXXIX., Nr. 3—4.

— — Beiträge zur Kenntnis der Araceae V. Mit 5 Tafeln. — Engler, Botan. Jahrb., Bnd. (1884) V. — et in Natürl. Pflanz. Famil. etc.

M. Dalitzsch, Beiträge zur Kenntnis der Blattanatomie der Aroideen. Mit Taf. III. — Botan. Centralbl. Band (1886) XXV.

Wurzeln verdanken wir aber nach Leitgeb's und Van Tieghem's citierten grundlegenden Untersuchungen — trotz der schematischen Figuren — neuestens M. Lierau.[1]) Er untersuchte von systematisch-anatomischen Gesichtspunkten aus ca. 130 Species, die in 46 Genera einzureihen wären; seine Resultate sind schon darum wertvoll, weil sie leicht revidierbar sind, denn die stichhaltige Definition der untersuchten Arten wurde nämlich von Monographen vorgenommen.

Lierau kann sich mit Recht auf diesen grossen Vorteil berufen. Wir wissen, dass besonders bei physiologischen, wie bei anatomischen Untersuchungen in dieser Hinsicht viel gefehlt wird, — wegen Missachtung systematisch korrekter Definitionen; es ist aber eine Conditio sine qua non, dass das Objekt der Untersuchungen, die sich besonders auf Strukturverhältnisse und biologische Symptome ausdehnen, die Pflanze, systematisch genau determiniert sei; sonst ist die Konfusion unvermeidlich und das Resultat selbst der gewissenhaftesten physiologischen oder anatomischen Untersuchungen, die sich auf falsch bestimmte Pflanzen beziehen, ist kaum mehr wert als ein Rebus.

Lierau untersuchte mikroskopisch, behufs Feststellung der systematisch verwertbaren anatomischen Merkmale — die Wurzelhaube ausgenommen — alle Teile der Aroideen-Wurzel. Seine Aufgabe war lohnend, weil die Mannigfaltigkeit der Formen der Aroideen-Phyllome und -Caulome unter den Monocotyledonen wirklich herrvoragend ist und dabei die der Ernährung unmittelbar dienenden Organe durchaus nicht zu kurz kommen; wegen der Mannigfaltigkeit des Substrates (Wasser, Sümpfe, nasse Küsten, nasse schattige Standorte u. s. w.) treffen wir in dieser einen Familie fast alle Wurzelformen an. Zur Vermehrung dieses Formenreichtums tragen auch die vielen Arten und Formen der epiphyten Araceen bei, die „im Kampfe um's Licht“ mit ihren Klammer- und Haftwurzeln in die Höhe emporklettern; die von den Laubkronen der Urwälder herabhängenden Luftwurzeln verästeln sich auf der Erde nach allen Seiten und besorgen so die Ernährung des oft hundert Fuss hoch vegetierenden Assimilationssystems. Uebrigens giebt es auch epiphyte Araceen, welche die Erdoberfläche ganz verlassen, an deren Nährwurzeln daher um so höhere Ansprüche gestellt werden.

Alle diese Lebensverhältnisse machen natürlich das Hauptorgan der Ernährung, das Wurzelsystem, sehr interessant, besonders vom Standpunkte des Accomodationsprincips, und es ist nur zu bedauern, dass Lierau alle diese physiologischen Beziehungen nicht in den Kreis seiner Untersuchungen ziehen konnte.

Van Tieghem's citiertes und 1866 erschienenes grosses Werk, dann eine flüchtige Bemerkung Lierau's[2]) und die Pothos- und Monstera-Beispiele vorliegender Arbeit beweisen genügend, wie viele neue und bisher unbekannte Thatsachen die monographische Untersuchung des Aroideen- Wurzelsystems ergeben würde.

Eine nennenswerte Ergänzung zu Leitgeb's citiertem Werke ist die die Anatomie der Orchideen-Luftwurzeln behandelnde Arbeit von E. P. Meinecke[3]), um so mehr, da sie auf die Untersuchung der ausgezeichneten und reichen Orchideen-Kulturen des Heidelberger botanischen Gartens gegründet ist. Ihre Einteilung beruht auf der ausgezeichneten monographischen Arbeit Pfitzer's, die in Engler-Prantl's „Natürl. Pflanzenfamilien“ erschien.[4])

[1]) M. Lierau, Ueber die Wurzeln der Araceen. Mit Taf. I. A. Engler, Botan. Jahrb. Bnd. (1887) IX., pp. 1—38. „Die Arbeit will zu ermitteln versuchen, in wie weit jene histiologischen Merkmale, durch welche sich Stengel und Blätter der einzelnen Unterfamilien des Engler'schen Systems unterscheiden, auch in den Wurzeln wiederkehren.“ — Lierau, l. c. p. 3.

[2]) „Ausser den systematischen Merkmalen auch den allgemeinen anatomischen Bau, sowie die durch Standort, Lebensweise u. s. w. bedingten Modifikationen in den Wurzelorganen zu berücksichtigen, lag am Wege und versprach manches neue.“ Lierau. l. c. pag. 3.

[3]) E. P. Meinecke, Beiträge zur Anatomie der Luftwurzeln der Orchideen. — Flora Bnd. (1899) 78 pp 133 - 203.

[4]) E. Pfitzer, Orchidaceae — In Engler u. Prantl: Natürl. Pflanzenfamil. II. Teil (1889), 6. Abteil. pp. 52 - 220.

Meinecke legt Rechnung von seinen an 70 Orchideen-Species durchgeführten vergleichenden anatomischen Untersuchungen betreffs des Velamens, der Endodermis, des Rindenparenchyms, der Schutzscheide, des Pericambiums und der Gefässbündel, mit vollständiger Benutzung der Litteratur, besonders der Untersuchungen von Chatin, Oudemans, Leitgeb, Janczewski, E. Palla[1]), und Percy Groom[2]), und hebt auch die systematisch verwendbaren Charaktermerkmale hervor.

Nach Schimper sind es die Untersuchungen F. A. F. C. Went's,[3]) aus denen wir bis heute am ausführlichsten die Mannigfaltigkeit der Accomodationsfähigkeit der zum Haften und Ernähren dienenden Wurzeln entnehmen; besonders sind seine physiologischen Angaben, die er durch Beobachtung der Kletterpflanzen und Epiphyten der Flora von Buitenzorg sammelte, sehr wertvoll, auch schon deswegen, weil sie gleichsam als fortsetzende Ergänzung zu A. F. W. Schimper's gesammelten Beobachtungen über die epiphyte Vegetation Westindiens dienen können, die ebenfalls in der Urheimat angestellt worden sind. Unter den von ihm untersuchten Pflanzen giebt es mehrere, die als Species (Anthurium digitatum), oder wenigstens als Genus mit den von mir untersuchten Pflanzen identisch sind (Pothos, Dendrobium, Monstera), und so ist es am Platze, auf Went's einzelne Angaben, die mit meinen Beobachtungen im Zusammenhange stehen, an den betreffenden Stellen Bezug zu nehmen.

Dasselbe thue ich mit Eriksson's[4]) interessanten Auseinandersetzungen über den „negativen Geotropismus" der Wurzeln; diese behandeln zwar die Glieder der Sandflora (besonders Carex-Arten), stehen aber im Zusammenhange mit den Untersuchungen von K. Goebel (Sonneratia, Avicennia) l. c. Schimper (1884) l. c. und Haberlandt[5]) (Palmen und Mangrove-Arten). Schade, dass Eriksson in seiner kleinen Abhandlung die citierte Arbeit Went's mit Stillschweigen übergeht, obwohl es bei der auch von Eriksson öfters wiederholten Schimper'schen Gruppierung der Epiphyten am Platze gewesen wäre, auch die Auffassung Went's zu erwähnen, der 1) wahre, 2) Pseudo-, und 3) Hemi- oder Halb-Epiphyten unterscheidet, abgesehen davon, dass die auf Haft- und Nährwurzeln bezüglichen, meistens physiologischen Anmerkungen Went's zu Eriksson's Abhandlung in näherer Beziehung stehen, als die Beobachtungen Schimper's.

Was das Ziel meiner Arbeit anbelangt, ist A. Kattein's[6]) morphologische Arbeit über den „Zentralcylinder der Wurzeln" viel allgemeiner gehalten, weil sie sich auf verschiedene Wurzelarten der aus dem Kreise der Mono-, Dicotyledonen und Coniferen gewählten Typen bezieht. Unter anderem ist die Rede von der Luftwurzel eines Anthurium, eines Pandanus[7]), und „Philodendron ceratocaule." Letzteres ist unrichtig bestimmt, weder Engler's[8]) Araceen-Monographie, noch der Kew-Index kennt eine solche Pflanze.[9])

[1]) E. Palla, Zur Anatomie der Orchideen-Luftwurzeln. — Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. Math.-Naturw. Cl. Bnd. XCVIII. I. März 1889, pp. 200–7. Mit 2 Tafeln.

[2]) Percy Groom, On the Velamen of Orchids. Annals of Botany. Oxford. Vol. VII. Nr. XXV.

[3]) F. A. F. C. Went, Ueber Haft- und Nährwurzeln bei Kletterpflanzen und Epiphyten. Taf. I—IX. — Annales du Jardin Botan. de Buitenzorg. Vol. XII. (1894), pp. 1—72. — Botan. Centralbl. Bnd. (1894) LIX., pp. 366—8.

[4]) J. Eriksson, Ueber negativ-geotropische Wurzeln bei Sandpflanzen. Vorläufige Mitteilung in Botan. Centralbl., Bnd. (1895) LXI, pp. 273—9.

[5]) G. Haberlandt, Eine botanische Tropenreise. Leipzig 1893.

[6]) A. Kattein, Der morphologische Wert des Zentralcylinders der Wurzel. Mit 4 Tafeln. — Botan. Centralbl., Band (1897) LXXII, pp. 55, 91, 129.

[7]) Pandanus Veitschi, Kattein l. c. p. 92. rectius: P. Veitchi Hort. — Gard. Chron. 1868. p. 349. Kew Index, p. 409.

[8]) A. et C. De Candolle, Monogr. Phanerogam. Vol. II. Araceae, Auctore A. Engler, 1879.

[9]) Vielleicht Pothos celatocaulis N. E. Brown, Kew, in Gard. Chron. 1880. I. 200. — Engler, Natürl. Pflanzenfamil. 1889. II. Teil, 3. Abteil., p. 114. — Siehe:

Richter, Aladár, Adatok a Marcgraviaceae és az Aroideae physiol.-anatomiai és systematikai ismeretéhez. Tab. II.—V. — Természetrajzi Füzetek, Budapest, Vol. (1899) XXII, pp. 28–9.

— — Beiträge zur physiol.-anatom. und systemat. Kenntnis der Marcgraviaceen u. Aroideen. l. c. pp. 57—8.

Zu erwähnen ist hier auch die über Lenticellen und andere Durchlüftungs-Organe handelnde Dissertation von A. Weisse[1]); seine Bemerkungen über Lenticellen und Pneumathodon der Araceen-, Pandanus-, und Palmen-Wurzeln werde ich ebenfalls im Rahmen meiner spezielleren Erörterungen besprechen.

Mit den Auseinandersetzungen von Weisse stehen in engem Zusammenhange — obgleich er sich auf diese nicht beruft — die Kulturversuche, die A. Wieler[2]) mit Phoenix reclinata machte und zu denen die Veranlassung Jost's citierte Arbeit gab. Seine 1898 publizierten Ergebnisse machen die Richtigkeit der Auffassung über Jost's Pneumathoden zweifelhaft und auch unter den übrigen, die anatomische Struktur der Luftwurzeln von Phoenix reclinata betreffenden Bemerkungen stimmen einzelne mit den von mir 1897 durchgeführten und einige Angaben von Jost widerlegenden Untersuchungen überein. Wieler ist mir aber mit deren Publikation zuvorgekommen. Deswegen publiziere ich nur jene Angaben meiner Untersuchungen, Jost's Pneumathoden betreffend, die zwischen Jost und Wieler streitig und vielleicht geeignet sind, die Frage einigermassen in's Reine zu bringen.

Damit hätte ich die mir zur Verfügung stehende Litteratur und deren wichtigste Angaben zusammengestellt. Ein Ueberblick derselben zeigt bald, dass die Wurzeln, im engeren Sinne die Luftwurzeln (besonders aus der Familie der Orchideen und Aroideen) das Objekt ausführlicher, manchmal sehr eingehender Untersuchungen bildeten, allein mit Ausnahme der Wurzelhaube. Die genauere Kenntnis der letzteren gründet sich derzeit in erster Linie auf die rein entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen von Reinke[3]), Janczewski[4]), A. Lemaire[5]) und Van Tieghem — Douliot.[6]) Bis jetzt war sie meines Wissens noch nicht das Objekt spezieller physiologisch-anatomischer Untersuchungen und besonders nicht hinsichtlich der Luftwurzeln. Das Wenige, was heutzutage noch die Summe unserer physiologisch-anatomischen Kenntnisse über die Wurzelhaube der Luftwurzeln bildet, findet sich als kurzes Kapitel über die Wurzelhaube der Orchideen in Leitgeb's citiertem Werke (pp. 208—9) - und früher noch besonders in Oudemans' Figuren, die die Wurzelhaube der Luftwurzeln von Vanilla planifolia und Aërides suaveolens ganz schematisch zeigen (l. c. pp. 17 - 18).

Es erschien daher als zeitgemässe und dankbare Aufgabe, die Wurzelhaube der Luftwurzeln, womöglich mit instruktiven Figuren erläutert, zum Gegenstande meiner ausführlichen Untersuchungen zu machen. Ich benützte daher die Gewächshauskulturen, welche die freundliche Zuvorkommenheit meines geehrten und gewesenen Lehrers, des Herrn Univ. Professor Dr. G. Haberlandt zu Graz im Jahre 1897 mir in liebenswürdiger Weise zur Verfügung stellte, wo mir (dem Gymnasial-Lehrer) durch das Wohlwollen des königl. Ungarischen Kultusministeriums längere Zeit hindurch in dem unter seiner Leitung stehenden Institute der k. k. Universität arbeiten zu können ermöglicht war.

Da ich unterdessen die Leitung der botanischen Abteilung des ungarischen National-Museums in Budapest übernahm, so konnte ich anderer Arbeiten halber meine diesbezüglichen Untersuchungen

[1]) A. Weisse, Ueber Lenticellen und verwandte Durchlüftungseinrichtungen bei Monocotylen. Mit Tafel XIII. — Berichte d. deutsch. botan. Gesellschaft, Bnd. (1897) XV., p. 303—20. Refer. im Botan. Centralbl. Bnd. LXXII (1897), pp 299—302.

[2]) A. Wieler, Die Funktion der Pneumathoden und des Aerenchyms. Mit Tafel VII. — Jahrb. für wissensch. Botanik, XXXII. (1898) Bnd., pp. 503—24

[3]) J. Reinke, Untersuchungen über Wachstumsgeschichte und Morphologie der Phanerogamenwurzel. Taf. I—II. — In Hanstein's Botan. Abhandl Bonn, Heft 3, pp. 1—46.

[4]) Janczewski, Recherches sur l'accroissement terminal des racines dans les Phanérogames. Ann. des Sc. Nat. Sér. V., Tom. 20.

[5]) A. Lemaire, Origine et développement des racines latérales. Pl. 1—4. — Annales d. sc. natur. 7-ième Série. Botan. Tom. (1886) III., pp. 163—274. Siehe hier auch die übrige Litteratur.

[6]) Van Tieghem et Douliot, Recherches comparatives sur l'Origine des membres endogènes dans les plantes vasculaires. Pl. 1—40. — Annales d. sc. natur. 7-ième Sér. Botan. Tom. (1888) VIII, pp. 1—660.

mit Benutzung der Kulturen des botanischen Gartens zu Kolozsvár und der bis August 1899 reichenden Litteratur erst im botanischen Institute der königl. Ungar. Universität zu Kolozsvár fortsetzen, beziehungsweise zu Ende führen, wobei auch die Ungarische Akademie der Wissenschaften mich materiell zu unterstützen so gütig war.

Diese vorliegende Arbeit, welche seitens der Philosophischen Fakultät der k. k. Universität zu Graz mit dem „Unger-Preis“ ausgezeichnet wurde, beweise meinen — den Obgenannten, so auch der zunächst erwähnten und hochansehnlichen Fakultät gebührenden — innigsten Dank.

Meine Untersuchungen betreffen zusammen 13 Spezies aus 5 Familien, von denen 11 im botan. Garten zu Graz (Oesterreich), 2 im botan. Garten zu Kolozsvár (Ungarn) kultiviert werden. Und zwar:

Orchideae.

Oncidium carthaginense Sw. in Vet. Akad. Handl. Stockh. XXI. (1800), 240. — Amer. trop. (Oncidium roseum Lodd. Cat. ex Lindl. Fol. Orchid. Oncid. 40. — Hort. bot. Graz).

Oncidium sphacelatum Lindl. Sert. Orchid. sub. t. 48. — Amer. centr. (Hort. botan. Graz).

Aërides odoratum Lour. Cochinch. 525 — China; Ind. or. (Aë. cornutum Roxb. Hort. Beng. 63. Lindl. Botan. Reg. t. 1485. — Hort. botan. Graz).

Sobralia macrantha Lindl Sert. Orch. sub. t. 29. — Mexico (Hort. botan. Graz).

Dendrobium speciosum Sm. Exot. Botan. I. 17. t. 10. Austral. (Hort. botan. Graz).

Aroideae.

Pothos celatocaulis N. E. Brown, in Gard. Chron. (1880) I. 200. — Borneo (Hort. botan. Graz).

Anthurium digitatum G. Don., in Sweet, Hort. Brit. ed. III. 633. — Peruv. (Pothos digitatus Jacqu. Icon. III. 18; Coll. IV. 119 — Hort. botan. Graz).

Monstera acuminata C. Koch, Ind. Sem. Hort. Berol. (1855) App. 4. —
A. Engler, Araceae, in De Cand. Monogr. Phaner. 1879. Vol. II. pp 256–7. — Amer. trop. (= Maregravia paradoxa Bull. Cat. (1872) 7 et in Gard. Chron. 1877) II. 13. f. 1. 2. —
(Hort. botan. Graz.) — Vide: Richter, A. Adatok a Maregraviaceae és Aroideae physiol.-anat. és system. ismeretéhez. Természetrajzi Füzetek (Budapest) Vol. (1899) XXII. pp. 30—1. Beiträge z. Physiol.-Anat. u. System. Kenntnis d. Maregraviaceen u. Aroideen. (Ibid. pp. 59–60).

Palmae.

Phoenix reclinata Jacqu. Fragm. I. 27. t. 24. — Afr. trop. et austr. (Hort. botan. Graz).

Phoenix silvestris Roxb. Hort. Beng. 73. Fl. Ind. III. 787. — Ind. orient. (Hort. botan. Claudiopol.)

Pandaneae.

Pandanus utilis Bory, Voy. II. 3. — Madagascar (Hort. botan. Graz).

Pandanus Veitchi Hort - Conf. Gard. Chron. (1868) 349; Hort. ex Dallière, Pl. Ornament. I. 28 1873. — Polynesia (Hort. botan. Claudiopol.)

Urticaceae.

Ficus Neumanni Cels., ex Kunth et Bouché, Ind. Sem. Hort. Berol. (1846) 14. — Habit.? (Hort. botan. Graz).

Eine Vervollständigung dieser Untersuchungen hoffe ich in nicht zu ferner Zeit im botanischen Garten zu Buitenzorg (Java) vornehmen zu können.

Spezieller Teil.

Oncidium carthaginense Sw.

(O. roseum Hort. botan.)

Wie bei allen Wurzeln, so wird auch der Vegetationskegel der Luftwurzel von einer Wurzelhaube bedeckt; diese kann man bei den Orchideen mit freiem Auge gewöhnlich nicht unterscheiden, da sie lebhaft grün gefärbt ist, ebenso wie die ganze, übrigens im lebhaften Wachstum begriffene Luftwurzelspitze.[1]) So ist es auch bei Oncidium.

Seine Wurzelhaube aber kann man nicht einmal im Verhältnis zur Luftwurzel dick nennen; wie jede Wurzelhaube, so ist auch die von Oncidium unmittelbar über dem Vegetationspunkt relativ am mächtigsten, wo sie — mit Leitgeb gesagt (l. c.) — durch einen Zentralstrang mit dem Urparenchym zusammenhängt. Von diesem Zentralstrang an werden die Zellen der Wurzelhaube nach auswärts immer grösser, die peripherischen älteren Zellen der Wurzelhaube aber sterben ab; das sind schon von Oudemans (l. c. pag. 18), später auch von Leitgeb (l. c. pag. 209) erwähnte und allgemein bekannte Erscheinungen, die man ausser den Orchideen auch bei anderen Pflanzenfamilien beobachten kann, also auch bei den nachher zu behandelnden Beispielen.

Ein anderes allgemeines Charaktermerkmal ist, dass die über dem Vegetationspunkt der Wurzel befindlichen Zellen der Wurzelhaube gewöhnlich isodiametrisch und seitwärts tangentialiter verlängert sind; ihre mit dem Vegetationspunkt in unmittelbarer Verbindung stehenden Zellen sind mit jenen des Vegetationskegels so zu sagen in Allem identisch (Taf. I., Fig. 5 mg) und bilden zusammen den urmeristematischen Mittelpunkt der Wurzelhaube.

Die grünliche Wurzelspitze der Orchideen — so auch des Oncidium — verrät schon allein, dass die lebenden, mit Choroplasten und Stärkekörnern gefüllten Zellen der Wurzelhaube wahrscheinlich eine lebhafte Assimilationsthätigkeit entwickeln; die Chloroplasten haben — mit ihren lebhaft hervorragenden Stärkekörnern — im Allgemeinen unbestimmte Umrisse, und gruppieren sich um den grossen Zellkern (Taf. I., Fig. 1 z).

In den seitwärts liegenden und mit den periklinen Wänden parallel mehr oder weniger verlängerten Zellen der Wurzelhaube treten statt der Chloroplasten lebhaft orangegelbe Chromoplasten auf, und zwar in desto grösserer Menge, je mehr die Zahl der Wurzelhaubenzellen der Basis zu abnimmt. Der Farbstoff dieser Chromoplasten löst sich in Alkohol; sonst weichen sie von den Chloroplasten in nichts ab, da sie durch Umwandlung letzterer entstehen. So kann man z. B. die Stärkekörner der Chromoplasten mit Jod leicht nachweisen; in ihrer Begleitung finden sich auch in Alkohol lösliche fette Oele vor, die aber sehr kleine Tröpfchen bilden. Dieselben Inhalts-Bestandteile finden sich übrigens auch im Velamen radicum[2]) vor.

In Betreff der aus gleichmässig dünnwandigen Zellen gebildeten Wurzelhaube ist jene Schicht am meisten charakteristisch, die aus der Collabescenz der 3—4 peripherialen Zellreihen der Wurzelhaube

---

[1]) Was das Verhalten der Orchideen-Luftwurzeln in den Gewächshauskulturen im Winter und Sommer betrifft, weise ich, da es eben für die Spitze der Luftwurzeln charakteristisch ist, auf die Originalbeobachtungen von Oudemans (l. c. pag. 18) und auf den daran anschliessenden Kommentar Leitgeb's hin (l. c. pag. 209). Jedenfalls würde es wichtiger sein, den durch die verschiedenen Perioden des tropischen Klimas auf die Luftwurzel ausgeübten Einfluss kennen zu lernen. Die Anpassung der Wurzelhaube könnte besonders einige auch physiologisch nennenswerte Angaben liefern.

[2]) Mit dem Velamen von Oncidium carthaginense beschäftigte sich Oudemans l. c. (Tab. II, Fig. 19) eingehender; ähnliche, auf andere Oncidium-Arten bezughabende Daten finden wir in den citierten Arbeiten von Chatin, Leitgeb, Janczewski und Meinecke.

entsteht; zwischen den fest aneinander liegenden Zellwänden erscheint das Lumen nur als ein haarförmiger Strich und an der Basis der Wurzelhaube bedeckt eine bis 15 μ dicke Schicht unmittelbar das Protoderm, bis endlich auch diese abgestossen wird (Taf. I., Fig. 1 r). Diese schon im Detritus begriffene Schutzschicht der Wurzelhaube hat natürlich keine besonders bestimmten Umrisse; ihre Zellen trennen sich hie und da von der Mutterschicht ab und in gleichem Maasse, wie die Abtrennung der kollabierten Zellen geschieht, kollabieren auch die mit dieser Schicht benachbarten Zellen der Wurzelhaube.

Auf diese Weise wird die Wurzelhaube fortwährend von dieser Schicht bedeckt, die mit Alkannatinktur behandelt rot wird, mit Jod + Schwefelsäure starke Verkorkung zeigt. Man kann zwar bei der Anwendung letzterer Reaktion einige in's Schmutzigblaue spielende Zellwände erblicken; Schwefel-, sowie Chromsäure lösen alle Teile der Wurzelhaube ausser der betreffenden Schicht.

Mit Jodalkohol — Schwefelsäure quillt die Wand der lebenden Zellen der Wurzelhaube auf, bald zeigt sie in Folge der Umwandlung in Amyloid die reine Zellulosereaktion.

Somit besteht die Wurzelhaube des Oncidium 1. aus einem Assimilations- und Speichergewebe; und 2. einer als verkorkt zu betrachtenden Schutzschicht, die einen beständigen Mantel der Wurzelhaube bildet, um den sonst aus schwachen Zellen gebildeten Körper der Wurzelhaube gegen erhöhte Transpiration und andere den Luftwurzeln schädliche äussere Faktoren möglichst zu schützen.

Oncidium sphacelatum Lindl.

Die mit einer Wurzelhaube bedeckten Spitzen der Luftwurzelästchen sind glasartig durchscheinend und nur an den äussersten Endpunkten grünlich, übrigens farblos und im Vergleich mit den Luftwurzeln des vorher schon besprochenen Oncidium carthaginense in jeder Hinsicht von gleichem feinerem Bau.

Die Gewebestruktur der Wurzelhaube betreffend, ist der Unterschied zwischen beiden Oncidien mehr quantitativ; als qualitative Abweichung zwischen beiden wäre höchstens anzuführen, dass ich den Uebergang der Chloroplasten in Chromoplasten beim Onc. sphacelatum nicht konstatierte; auch die Zahl der Chloroplasten ist geringer, sie sind sehr kleinkörnig und die Stärkekörnchen bilden sich viel seltener. Die Thätigkeit der Chloroplasten ist im Meristem der Wurzelhaube am lebhaftesten, wo auch die grüne Farbe am intensivsten ist; der Peripherie zu werden die Chloroplasten immer weniger gefärbt (Leukoplasten?).

Neben dem schwächeren Bau der Luftwurzelästchen ist eine begleitende Eigentümlichkeit, dass die kollabierte, kaum 1—2 Zellreihen starke Schutzschicht natürlich im Verhältnis zur Luftwurzel viel dünner ist; sie erreicht kaum 5 μ (Taf. I., Fig. 2 r).

Der Schwefelsäure kann sie nur teilweise widerstehen, ein Teil wird aufgelöst und zuletzt bleiben nur einzelne Fetzen zurück; die Cutinisation der Schutzschicht ist also partial, und mit Onc. carthaginense verglichen viel geringer.

Uebrigens kann man das Calyptrogen des Oncidium eigentlich als Phellogen der verkorkten Schutzschicht der Wurzelhaube betrachten, natürlich nur sekundär.

Möglicherweise dient zur Entschädigung aller dieser so zu sagen „Gewebeschwächen" jene Eigentümlichkeit der äussersten Wurzelhaubenzellen, dass ihre periklinen Wände im Vergleich zu den entsprechenden Wänden des Onc. carthaginense etwas dicker sind (Taf. I., Fig. 2 p); die antiklinen Wände bleiben aber sehr dünn (Fig. cit. a).

In seiner Abhandlung über die Dorsiventralität der Orchideen-Luftwurzeln beschäftigt sich Janczewski (l. c. pag. 57) unter anderem auch mit Onc. sphacelatum, ohne dass sich nur eine einzige Angabe in seinen Auseinandersetzungen über die Dorsiventralität der Oncidium-Luftwurzel findet.

Diese Wurzelhaube hat thatsächlich eine konzentrische Struktur, ebenso wie auch die übrigen Teile der Luftwurzel, und ich denke, dass die folgende Aeusserung Janczewski's eigentlich dies beweist: „Nous trouvons donc ici le premier vestige de l'influence des conditions extérieures sur l'organisation de la racine, influence qui est aisement reconnaissable, mais qui ne touche en rien la structure anatomique de cet organe". Es ist somit klar, dass sowohl Onc. carthaginense, als auch Onc. sphacelatum denselben Wurzelhaubentypus besitzen.

Aërides odoratum Lour.

Die Wurzelhaube von Aë. odoratum bildet sich auf sehr charakteristische und vom Oncidium ganz abweichende Weise; allein schon die Verdickungsform ihrer Zellen reiht Aërides zwischen die charakteristischen Typen ein.

Die dem Velamen radicum unmittelbar benachbarten Zellen der Wurzelhaube sind noch kaum tangential verlängert, als sie auch schon eine eigentümliche Art der Membranverdickungen zeigen.

Die gegen das Lumen übrigens scharf abgegrenzte perikline Wand der Haubenzellen verdickt sich nämlich wellenartig und gegen die Randzellreihen hin fast rapid, derart, dass diese Membranverdickungen das Lumen der peripherischen Zellen fast ganz ausfüllen und das Plasma vollständig zurückdrängen, bis es später ganz verschwindet.

Taf. I., Fig. 4 zeigt, dass die Verdickung der periklinen Wände in den Zellen der Wurzelhaube zuerst gegen die Mitte des Zelllumens hin verhältnismässig am grössten ist, auch die Zellkerne haften dort an (Fig. cit. n), wo das Wachstum der Zellwand am lebhaftesten und längsten dauert. Dieses, wie die bestimmte Lage der Zellkerne in den Wurzelhauben bekräftigen mit einer neuen Angabe die Richtigkeit der allgemeinen Behauptungen, die Haberlandt aus seinen Beobachtungen über Funktion und Lage des Zellkernes folgerte.[1])

Diese Zellverdickungen, die sich zu „Pölsterchen" entwickeln, gleichen sich später in der ganzen Länge ihrer Verdickung ziemlich aus (Fig. cit. c_1), und erfüllen bald den grössten Teil des Lumens, so dass zuletzt nur die in die Winkel zusammengezogenen kleinen Plasmareste die zurückbleibenden Teile der Zelllumina zeigen (Taf. I., Fig. 4 und 5e).

Die in tangentialer Richtung vorhandene Kontinuität dieser Pölsterchen kann auch typisch sein (Taf. I., Fig. 4c).

An mit Kongorot behandelten Schnitten färben sich noch die Zellkerne mit ihren lebhaft vortretenden Nucleolen am intensivsten; gefärbt sind auch die in den Hintergrund gedrängten und ohnedies toten Protoplasten, im scharfen Gegensatze zu den die Verdickungen bildenden Pölsterchen, die stark lichtbrechend und farblos sind. Ihre Färbung gelang nur mit Haematoxylin. Auch die Anwendung anderer Reaktionen zeigt, dass sie anfangs aus Zellulose bestehen, später aber verschleimen. Die verschleimten Wandverdickungen, in welchen nicht einmal die Spur einer Schichtung sichtbar ist, sind homogen; mit Ausnahme des schon erwähnten Kongorotes zeigen sie mit Korallin, verschiedenen Jodlösungen, Anilinblau und Methylgrün keine Färbung.

Das Austreten der Schleimmassen aus den Zellen geschieht durch partielle Resorption der nicht verschleimten primären Zellwände, derart, dass die äusseren Wände der peripherischen Zellen — die so zu sagen nur aus Pflanzenschleim bestehen (Taf. I., Fig. 5c) — an einem oder mehreren Orten sich verdünnen und bald ganz auflösen. Durch die so entstandenen Öffnungen treten die Schleimmassen heraus (Fig. cit. n), während die keilartig verdünnten Zellwände sich aufwärts biegen; endlich markieren nur einzelne Fetzen die abgestossenen Wurzelhaubenzellen (Fig. cit. h).

[1]) G. Haberlandt, Ueber die Beziehungen zwischen Funktion und Lage des Zellkernes bei den Pflanzen. Jena, 1887. — Pag. 98 etc.

Die Membranen der inneren Schichten der Wurzelhaube quellen sogleich mit konzentrierter Schwefelsäure, bald lösen sie sich auf, unlösbar sind aber die nach dem Austreten des Schleimes übrig gebliebenen Zellfetzen, die offenbar später verkorkt sind; die radialen, manchmal auch die tangentialen Wände sind wellenförmig, was sich auf durch die Wurzelhaube geführten Flächenschnitten leicht konstatieren lässt (Taf. I., Fig. 6). Ich halte dies für nennenswert, weil Oudemans bei den Luftwurzeln von Aër. suaveolens sah, dass die letzten Zellen der innersten zur Wurzelhaube gehörigen Reihe eine „spiralige oder netzfaserige Streifung" zeigten[1]); er giebt auch in Taf. III., Fig. 25 d eine Abbildung dieser Erscheinung. Leitgeb hat dieselbe bei mehreren anderen Pflanzen, so auch bei Aërides odoratum beobachtet, und konstatiert, dass sie ganz auf dieselbe Weise wie die oben besprochene Streifung der Endodermiszellen der Orchideen, d h. durch Faltung der Zellmembranen hervorgebracht wird.[2])

Es scheint bei den Orchideen eine allgemein vorkommende Erscheinung zu sein, dass die Haube der Luftwurzeln von einer gegen die Wurzelhaubenbasis immer dünner werdenden, sonst unbestimmt begrenzten Schicht bedeckt ist, deren Verhalten vom eigentlichen (inneren) Körper der Wurzelhaube in vielem abweicht; auch Oudemans erwähnt diese Erscheinung und zeichnet sie auch ganz schematisch in seinen Figuren der Wurzelhaube von Aërides suaveolens und Vanilla planifolia[3]). Seine Abbildung aber von Vanilla kann uns auch an Oncidium (Taf. I. Fig. 1 r) erinnern, freilich rein nach der Zeichnung beurteilt.

Ich halte es für rechtmässig, Oudemans' Bemerkung besonders in Betreff der Wurzelhaube von Aër. suaveolens im Interesse meiner weiteren Erörterungen ausnahmsweise Wort für Wort zu citieren, besonders da diese Bemerkung Oudemans' zugleich das Meiste ist, was er über die Wurzelhaube seiner Zeit sagte. Das kleine Kapitel über die Haube der Luftwurzeln in der Abhandlung Leitgeb's ist auch nur Rekapitulation dessen, was wir l. c. in der Arbeit von Oudemans finden.

„Es ist . . . . . zu erwähnen, dass man an der Oberfläche verschiedener Luftwurzeln nicht selten eine nach aussen sehr unregelmässig begrenzte, von der Spitze der Wurzel nach oben an Dicke abnehmende und endlich ganz verschwindende Schicht wahrnimmt (Fig. 24, 25, 27 f.), deren zusammensetzende Teile desto undeutlicher begrenzt sind in dem Grade als man sie höher untersucht, und sich überdies durch ein grosses Mass von Durchsichtigkeit auszeichnen. Es gehört diese Schicht der Wurzelhaube an, und besteht sie aus den alleräussersten und ältesten, schon im Detritus begriffenen und sehr stark in die Breite ausgedehnten Zellenreihen. Mit der Zellenschicht, welche vom Vegetationskegel nach oben und aussen steigt, hat sie gar nichts zu schaffen, und kann sie mit dieser auch gar nicht verwechselt werden. Die in Detritus begriffenen Zellen werden nach und nach abgestossen, zufolge dessen man sie an den älteren Teilen der Wurzel nicht mehr beobachtet. Nach der Spitze der Wurzel hin verfolgt man sie ohne Schwierigkeit, und bekommt man dabei die Sicherheit, dass sie, so lange die Aktivität des Kambiumkegels nicht unterliegt, fortwährend von neuem geschaffen werden. Es haben unsere Beobachtungen uns davon belehrt, dass nicht nur die physischen, sondern auch die chemischen Eigenschaften der die äussersten Schichten der Wurzelhaube zusammensetzenden Zellen ganz und gar von denen der mehr nach innen gelagerten Elementarteile abweichen, in so weit sie nämlich erstens in Wasser ausserordentlich stark aufquellen, und zweitens durch Zusatz von Chlorzinkjodpotassiumjodauflösung oder Schwefelsäure und Jod keine Farbenänderung annehmen. Ohne Zweifel wurde die Zellulose dieser Zellen in Pflanzenschleim umgesetzt." [4])

[1]) Oudemans, l. c. pag. 17.
[2]) Leitgeb, l. c. pag. 209.
[3]) Oudemans, l. c. Taf. III. Fig. 24f, 25f, 27f.
[4]) Oudemans, l. c. pag. 17.

Im allgemeinen ist es so; der Übergang der Zellulose in Pflanzenschleim aber ist nur in einigen Fällen, hier genauer nur bei Aërides zu konstatieren, und ist keineswegs eine allgemein vorkommende Erscheinung. Die Aër. suaveolens und Aër. odoratum betreffenden Beobachtungen Oudemans' und meine später folgenden Auseinandersetzungen wenigstens bestätigen dies.

Im Laufe meiner Erörterungen wird es klar, dass sowohl das Verhalten der äussersten und abweichend sich betragenden Schicht der Wurzelhaube, als auch die später eintretende chemische Umwandlung ihrer Wände häufiger vorkommt, ja sogar in einzelnen Fällen viel charakteristischer zu nennen ist, als der von Oudemans konstatierte Fall; das Beispiel von Oncidium beleuchtet dies genügend.

Aus den citierten Abbildungen Oudemans' und dem obigen Citate kann ich folgern, dass die nachträglich verschleimten Membranverdickungen bei Aër. odoratum auch bei Aër. suaveolens vorkommen, und dass auch ihr weiteres Verhalten identisch sei; mit einem Worte eine Erscheinung die — möglicherweise was die Wurzelhaube von Aërides betrifft — ein generisches Charaktermerkmal liefert. Übrigens stellt sich die Verschleimung der Wurzelspitze in Folge des Einflusses des Wassers auf die chemisch umgewandelte Zellulose der absterbenden Zellen ein.[1])

Das Velamen radicum, welches wir eben bei Aërides durch die Arbeiten Oudemans' und Leitgeb's genau kennen, ist ganz charakteristisch am Vegetationszentrum ein wenig eingedrückt (Taf. I., Fig. 3 g). Diese Stelle, ferner der ganze Zentralstrang, der die Wurzelhaube mit dem Vegetationszentrum verbindet (Fig. cit. m), ebenso das Rindenparenchym sind an Stärkegehalt äusserst reich. Im Gegensatz hievon fand ich keine Spur von Stärke im Velamen radicum, im Zentralcylinder und in den peripherischen Zellreihen der Wurzelhaube.

Vielleicht ist es erwähnenswert in Betreff der Entwicklungsverhältnisse der Wurzelhaube von Aërides, dass das Bildungsgewebe der Wurzelhaube mit dem Vegetationszentrum der eigentlichen Wurzelspitze in genetischem Zusammenhange steht; die beiden kann man von einander nicht trennen, die Form und der Inhalt ihrer Zellen sind zu gleichförmig. Sie bilden zusammen das sogenannte „zentrale Bündel" (Leitgeb), welches — wie es scheint — bei den Orchideen im Allgemeinen charakteristisch ist. Thatsache ist, dass in der Gegend des Vegetationszentrums die Wurzelhaube durch keine scharfe Linie getrennt wird.

Sobralia macrantha Lindl.

Oudemans (l. c. pag. 18) macht uns auf jene Eigenheit der Orchideen-Luftwurzeln aufmerksam, dass die Wurzelspitzen im Winter und Sommer nicht denselben Anblick gewähren, in so weit nämlich, als sich zur Zeit des regsten Vegetationsprozesses die grüne Farbe auf eine viel grössere Fläche ausdehnt, als zur Zeit des Wachstumstillstandes. Im Winter reduziert sich die grüne Strecke ad minimum auf einen grünen Punkt, um welchen das glänzend weisse Velamen sich in einem fast mathematisch genauen Kreis anschliesst. In solchen Fällen dehnt sich der lebendige Teil der Wurzelhaube nur über die grüne Strecke aus. Im Sommer aber erstreckt sich die grüne Wurzelspitze über eine viel grössere Partie der Wurzel und bildet ohne scharfe Begrenzung allmälige Uebergänge zum glänzend weissen Velamen. Die grünen Luftwurzelspitzen sind in der heissen Jahreszeit nur zum Teil durch die Haube bedeckt.

Aehnlich können wir auch in der Entwicklung der Luftwurzeln von Sobralia macrantha in derselben Vegetationsperiode zwei — aber auch schon in anatomischer Hinsicht verschiedene — Stadien (bei Glashauskulturen) beobachten; und zwar indem wir sie am Anfangsstadium der Entwicklung in ihrer grössten Lebensthätigkeit (I. Stad.), oder dann, wenn sie in allen Teilen das Maximum der Entwicklung erreicht und ihre Lebensthätigkeiten gemässigt haben, oder im Ruhezustande sind (II. Stad.), beobachten.

[1]) Leitgeb, l. c. pag. 209.

In beiden Fällen zeigen die immerhin gleich dünnen und parenchymatischen Zellen der Wurzelhaube keine besonderen Charaktermerkmale betreffend die Gestaltung der Zellwände (z. B. der Verdickungsformen); die Zellen behalten die ursprüngliche Grösse ihres Lumens fast bis zur äussersten Zellreihe (Taf. II., Fig. 7e, Fig. 8). Sie enthalten wenig Chloroplasten und Stärke, von der natürlich im gemeinsamen Urmeristem am meisten aufgehäuft ist.

Nur die Zellen der letzten, also mit der Atmosphäre unmittelbar benachbarten einzigen Zellreihe kollabieren auf an Oncidium erinnernde Weise; direkt mit konzentrierter Schwefelsäure behandelt, verschwindet fast augenblicklich die ganze Wurzelhaube bis zur erwähnten kollabierten Zellreihe. Mit Jodalkohol-Schwefelsäure tritt die in diesem Falle erwartete blaue Färbung nicht ein, woraus wir wenigstens schliessen können, dass die inneren Zellen der Wurzelhaube nicht aus reiner Zellulose bestehen. Mit Benutzung der Boehmer'schen Haematoxylinlösung ist der Erfolg derselbe (I. Stad.).

Viel charakteristischer ist das Verhalten der Wurzelhaube, wenn die Lebensthätigkeit der Luftwurzel grösstenteils stillsteht (Taf. II., Fig. 7; II. Stad.). Neben dem absoluten Fehlen der Chloroplasten ist es auffallend, dass die von Leucoplasten umgebenen Zellkerne an die innere Wand der Zellen rücken (Taf. II., Fig. 8 s). In diesem (so zu sagen) sistierenden (dem „Winterzustande" entsprechenden Stadium) beschränkt sich die Wurzelhaube im wahren Sinne des Wortes auf die Spitze der Luftwurzel, wo sie aus usque 20 Zellreihen und ungefähr gleichmässig dünnwandigen Zellen besteht. Die Zahl dieser Zellreihen verringert sich seitwärts äusserst schnell und die einzelnen Reihen sind plötzlich abgebrochen dadurch, dass ihre Randzellen verholzen und abbröckeln. Die übrigens unbestimmt begrenzte Schicht der auf diese Weise umgestalteten Zellen (Fig. 7f) gewinnt das Aussehen, als ob sie mit der Exodermis eine kontinuierliche und gemeinsame Schicht bilden würde.

Die Zusammengehörigkeit der oben schon besprochenen Bestandteile, dieser in mechanischem (aber nicht genetischem) Sinne gemeinsamen Schutzhülle zeigt sich besonders schön nach Behandlung mit Phloroglucin — Salzsäure, wodurch die lebhaft (etwas bräunlich) rosenrot (in Chlorzinkjod rotbraun) gefärbte peripherische Zellreihe der Wurzelhaube ohne Unterbrechung, als kontinuierlicher Streifen in die ebenfalls intensiv (und rein) rosenrot gefärbte Zellreihe der Exodermis übergeht, nachdem das Velamen radicum fast gleichzeitig mit dem Abbröckeln der Hauben-Endzellen zu Grunde gegangen ist (Fig. cit. a, h).

Auf diese Weise umgiebt die peripherische Zellreihe der Wurzelhaube mit der Exodermis die Luftwurzel als gemeinsame Schutzhülle, da auch schon die Exodermis die Eigenschaften einer Schutzscheide besitzt.[1]) Zugleich ist sie für Wasser impermeabel, ausgenommen jene Punkte der Exodermis, wo sogenannte Durchlasszellen sich befinden, die mit den über ihnen gelegenen „Faserkörpern" = Corpuscula Leitgebiana m. („kugelförmige Zellverdickungen" oder „Deckzellen" Leitgeb; „Stab- oder Faserkörper" Meinecke) durch Leitgeb's[2]) (an Sobralia), später durch Meinecke's[3]) Untersuchungen heutzutage in anatomischer Hinsicht ziemlich genau bekannt sind (Taf. II., Fig. 7g).

Mit Ausnahme derjenigen Partie der gemeinsamen Schicht, die der Wurzelhaube angehört, löst sich alles in konzentrierter Schwefelsäure, was also neben der Verholzung auch die partiale Verkorkung nicht ausschliesst. Eben in Betreff des Velamen von Sobralia findet Meinecke, dass mit Phloroglucin — Salzsäure nicht nur das Holz, sondern sehr oft selbst der Kork dieselbe Reaktion giebt.[4]) Diese peripherische Schicht der Wurzelhaube von Sobralia hat bedeutende Umwandlungen, die chemische Konstitution der Zellwände betreffend, durchgemacht im Vergleich mit dem inneren Körper der Luftwurzel; mit der Verkorkung konnte die Verholzung Hand in Hand gehen.

[1]) G. Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig, 1896. — pag. 201.
[2]) Leitgeb, Ueber kugelförmige Zellverdickungen und Luftwurzeln; pag. 198—9.
[3]) Meinecke, l. c. pag. 168–191 etc. Taf. XIII—XIV, Fig. 13. — Haberlandt, l. c. p. 202.
[4]) Meinecke, l. c. p. 193.

Im übrigen, besonders in Betreff der Krümmung der Luftwurzelspitzen-Umrisse, zeigt sie solche Erscheinungen wie sie Oudemans in seiner 26. und 27. Figur betreffs Vanilla planifolia angiebt und p. 18 l. c. bei der Charakterisierung des „Winterstadiums" der Luftwurzel beschreibt.[1])

Ich selbst konstatierte bei den zwei in der Einleitung schon beschriebenen Stadien der Sobralia-Luftwurzeln solcherlei Gestaltung der Umrisse. Auf diese Weise kann die sistierende Lebensthätigkeit bei Glashauskulturen (also Taf. II., Fig. 7 = II. Stad.) ungefähr den „Winterzustand" illustrieren.

Bemerkenswert ist endlich, dass man das Protoderma ohne grössere Schwierigkeiten fast bis zum meristematischen Punkte des Vegetationskegels verfolgen kann, natürlich nur, wenn das Präparat gut gelungen ist.[2])

Hier kann man auch leicht konstatieren, dass wenn man den Vorgang der Protodermzellenteilung genau beobachtet, das Velamen der Sobralia macrantha aus zwei, bald drei Zellreihen besteht; im erwähnten (II.) Stadium der Luftwurzel aber bröckelt sich auch dieses — wie die Wurzelhaube — an den Rändern bald ab; nur die den antiklinen Wänden entsprechenden Verdickungsfasern bleiben davon übrig, die als papillenartige Bedeckung unmittelbar der Exodermis aufliegen.[3])

Charakteristisch ist also für die Wurzelhaube von Sobralia:

I. 1. Zur Zeit der lebhaften Vegetation der Luftwurzeln, jedenfalls im Jugendzustande kutinisieren nur die kollabierten Zellen einer einzigen peripherischen Zellreihe.

2. Übrigens ist die Wurzelhaube an Chloroplasten und Stärkeinhalt arm.

II. 1. Im Ruhezustande der Vegetationsthätigkeit verholzen mehrere peripherische Zellreihen der Wurzelhaube der schon älteren Luftwurzel, und zwar derartig, dass die Zellwände zum Teil auch die Spuren der Verkorkung zeigen. In der That ruft bei diesen die Phloroglucin-Salzsäure-Reaktion keine rein rosenrote Färbung wie bei der Exodermis hervor, ihre Farbe nähert sich mehr dem Rötlichbraun, obgleich beide anscheinend (in Betreff ihrer physiologischen Rolle gewiss) eine gemeinsame Schicht bilden.

Die Verholzung der Exodermis ist reiner, obzwar Schwefelsäure sie vollkommen auflöst; es bleibt nur die öfters in Rede stehende peripherische Schicht der Wurzelhaube übrig.

2. Statt den Chloroplasten gruppieren sich Leucoplasten um die grossen Zellkerne, aber nicht in grosser Anzahl.

Dendrobium speciosum Smith.

Der mikroskopische Habitus der Wurzelhaube erinnert uns im allgemeinen an den von Aërides odoratum. Die periklinen Wandungen ihrer parenchymatischen Zellen verdicken sich kontinuierlich und zwar beträchtlich, die verdickten Wandstücke setzen sich so zu sagen in einander fort, ohne aber den einzelnen Zellen entsprechende und bestimmter begrenzte Partieen zu bilden. Diese aus verdickten Zellen bestehende unversehrte Schicht ist vom Vegetationskegel (Taf. I., Fig. 3 g) bis zur

[1]) „In solchen Fällen streckt sich der lebendige Teil der Wurzelhaube gerade so weit als die grüne Spitze selbst aus, und verläuft die äussere, aus dem Vegetationskegel hervorgehende und den Wurzelkörper später nach aussen abschliessende Zellenschicht nicht selten unter doppelter Krümmung nach oben (Fig 25, 27 e), welche Krümmung mit der Dicke der Wurzel an Deutlichkeit zunimmt . . . . . Im Sommer, wo die grüne Wurzelspitze eine viel ansehnlichere Länge erreicht . . . . macht die äussere aus dem Vegetationskegel nach aussen und oben strebende Zellenschicht nur eine einzige und niemals zwei Krümmungen."

[2]) Aus der Endpartie einer Luftwurzel kann man natürlich nur einen einzigen tadellos brauchbaren medianen Längsschnitt herstellen, und dass dessen Erklärung besonders bei entwicklungsgeschichtlichen Forschungen nicht eben leicht ist, kann man bei Leitgeb l. c. p. 210—11 lesen.

[3]) Nach den Untersuchungen Leitgeb's (l. c. p. 194—5) ist es bekannt, dass manche Luftwurzeln in älterem Zustande ihr Velamen förmlich abwerfen, z. B. Angraecum subulatum, Zygopetalum Mackai und Cymbidium eurifolium — in deren Beschreibung er sich nicht ausführlicher eingelassen hat.

Spitze der Wurzelhaube usque 24 μ dick; trotzdem erreicht sie die bei Aërides gefundenen Dimensionen weder am ganzen Körper der Wurzelhaube, noch im Masse der Membranverdickungen, obgleich die Verdickung der entsprechenden Zellwände mit der tangentialen Verlängerung der Lateralzellen Schritt hält. Das Lumen der Wurzelhaubenzellen bleibt — abweichend von Aërides — bis zu Ende grössten Teils erhalten (Taf. II., Fig. 9l); die anscheinend homogenen Membranverdickungen füllen selbst dann das ganze Zelllumen nicht aus, wenn sie in der letzten peripherischen Zellreihe — wahrscheinlich unter dem Einfluss des Wassers und eines vom Plasma ausgeschiedenen Enzym's — verschleimend verwittern; nachher kollabieren die Zellen (Taf. II., Fig. 10c) wie bei Oncidium, und bilden eine gegen die Spitze der Wurzelhaube sich bald abschälende und sehr dünne Schicht (Taf. II., Fig. 9d). Diese Fetzen der Wurzelhaube zeigen auch die Faltenbildung der Membranen (Taf. II., Fig. 9d), die uns ebenfalls an Aërides erinnern (Taf. I., Fig. 6); sie sind als verkorkt zu betrachten, zeigen keine Spur der oben geschilderten Membranverdickungen, lösen sich weder in Schwefel-, noch in Chromsäure.

Im Gegensatz zu Aërides ist wieder der Chloroplastenreichtum der Wurzelhaube auffallend; die Chloroplasten sind rundlich und — wie bei Oncidium — gruppieren sie sich oft in so grosser Zahl um die Zellkerne, dass sie diese ganz verdecken (Taf. II., Fig. 10s).[1]) Die Zellkerne lagern sich ungefähr an die Mitte der verdickten Wandpartien und im übrigen könnte ich nur das bei Aërides schon Besprochene wiederholen.

Pothos celatocaulis N. E. Brown.

Wie ich schon bemerkt habe, zog Leitgeb im Laufe seiner Untersuchungen auch einige Haupttypen der Aroideen in Verbindung mit den Orchideen mit in Betracht; aber keine der von mir untersuchten Aroideen befinden sich unter ihnen. Die Untersuchungen Van Tieghem's[2]) beziehen sich auch nur auf getrocknete Stengelstücke von Pothos. In Lierau's citierter Arbeit kommt zwar P. celatocaulis vor; aber davon hat er so wenig zu sagen, dass die die feineren Strukturverhältnisse betreffenden paar Bemerkungen, sowie die mangelhafte Zeichnung nicht einmal ahnen lassen, dass diese Aroidee — die ich eingehender behandeln werde — im genügend bekannten Kreise der Aroideen eine der interessantesten Typen ist, von der wir bis jetzt so viel wie nichts wissen. Obwohl Went später unter anderen Aroideen auch vier Pothos-species behandelte und seine Untersuchungen unsere diesbezüglichen Kenntnisse mit bedeutenden Beiträgen vermehren und eine zum Vergleich sehr wünschenswerte Grundlage darbieten, — finde ich es für richtig, ausser der Wurzelhaube meine auch die übrigen Teile der Luftwurzel betreffenden Untersuchungen vorzutragen.

So werde ich nachher auch bei der Besprechung der nicht zu den Orchideen gehörigen Arten verfahren; um so mehr, weil wie das mitgeteilte Litteraturverzeichnis zeigt, bis zu der neuesten Zeit fast ausschliesslich die Orchideen-Luftwurzeln das Objekt ausführlicherer Untersuchungen bildeten.

Ich lasse die allgemeine Kennzeichnung der Unterschiede zwischen „Haft-, und Nährwurzel" bei Seite, da sie in den Arbeiten von Schimper (1884, 1888)[3]), Lierau (1888), besonders aber Went (1894) genügend behandelt worden ist. Aus den Angaben genannter Autoren geht hervor, dass beide Wurzelarten anatomisch oft verschieden sind (Carludovica Plumieri Kth. — Anthurium

[1]) Ich erwähne dies, ohne aber auf derartige Erscheinungen grosses Gewicht zu legen. Bekanntlich leben die Glashauspflanzen in vieler Hinsicht unter abnormen Lebensverhältnissen und schon dies für sich ist genügend uns zu verhindern, aus den Bildungsverhältnissen der Zellinhaltbestandteile solche Schlüsse zu ziehen, die nur im Falle der Möglichkeit der Beobachtung unter normalen Verhältnissen berechtigt wären.

[2]) Van Tieghem, Structure des Aroidées l. c. 1866. pag. 168 et squ.

[3]) Schimper, l. c. pag. 285 et. squ.

— — Die epiphytische Vegetation Amerikas. In: Botan. Mitteilungen aus den Tropen, herausgeg. von A. F. W. Schimper. Heft. 2. Jena, 1888.

palmatum Kth. — Schimper, l. c. pag. 287. Taf. III. Fig. 1,2. — etc. Monstera deliciosa Liebm., Lierau l. c. pag. 19. Taf. III. Fig. 17 a, b), oft jedoch nicht (Oncidium altissimum Sw., — Schimper l. c. pag. 293), oder Übergangsformen die beiden (Scindapsus marantaefolius, Went, l. c. pag. 43) verbinden, und dass die Beziehungen in dieser Hinsicht — wie im allgemeinen die Lebensverhältnisse der Aroideen — sehr veränderlich sind.

Diesen veränderlichen Lebensverhältnissen entsprechend modifizieren sich und zeigen oft überraschende Beispiele der Accomodationsfähigkeit eben jene Organe der Epiphyten, die sich sonst durch sehr conforme Verhältnisse auszeichnen, d. h. die Wurzeln.

Sie besitzen eigentümliche Einrichtungen zum Ausnützen von Regen und Tau, sind bald positiv, bald negativ oder gar nicht geotropisch, — lang und einfach, oder kurz und stark verzweigt, mit beschränktem oder unbeschränktem Längewachstum, cylindrisch oder abgeflacht und blattförmig.[1]) Nach den Ergebnissen der bisherigen Untersuchungen ist der Unterschied zwischen den zur Befestigung am Substrate dienenden Haft-, und den Nährwurzeln der Aroideen gross in dem Falle, wenn sie die vollkommenste Accomodation an die Lebensverhältnisse zeigen.[2])

Es handelt sich hierbei um Lebensverhältnisse, deren erfolgreicheres Studium — wie aus den citierten Arbeiten von Went und Schimper zu sehen ist — nur in der eigentlichen Heimat möglich ist. Bei Glashauskulturen kommt der Unterschied zwischen Haft- und Nährwurzeln meistens gar nicht zum Ausdruck, wie ihn denn auch Van Tieghem und J. v. Sachs nicht beobachteten.[3])

Die Untersuchung der Grazer Pothos celatocaulis war also lohnend, da sie ausgezeichnet vegetierte; ausser den relativ kleinen, an den Knoten des Sympodiums entstehenden, übrigens konzentrischen und vielleicht negativ heliotropischen Haftwurzeln, — die den entsprechenden Organen der Hedera Helix ähnlich waren — entwickelte sie auch ein paar Wurzeln, die an der bemoosten nassen Wand des Glashauses vom Sympodium genug weit wegkrochen, die federstieldicke Axe war positiv geotropisch, und ausser dem starken Wachstum zeichneten sie sich besonders durch ihre stark ausgeprägte Dorsiventralität aus. Aus den oben genannten Gründen lasse ich die Detaillirung der kleinen Haftwurzeln weg und lege das Hauptgewicht meiner Untersuchungen auf letztere, besonders weil Went l. c. sämmtliche Verhältnisse der Haft- und Nährwurzeln der Aroideen ausführlich beschreibt.

Die Nährwurzeln der Grazer Pothos sind zugleich Haftorgane der Pflanze; sie schmiegen sich wurmartig an das Substrat und dienen in diesem Falle gewiss zum Befestigen der Mutterpflanze an der Wand des Gewächshauses.

Im Gegenteil zur grossen Zahl der unversehrten Exemplare der kleinen Haftwurzeln, — die in der Verteilung der einzelnen Gewebesysteme nichts Merkwürdiges zeigen — sind jene, besonders mit unversehrtem Vegetationskegel, sehr selten zu sehen, und unter anderem kann man nur so die (sonst irrtümliche) Bemerkung Lierau's verstehen, dass er „Dorsiventralität, wie bei den Orchideen-Luftwurzeln, bei den Araceen nicht gefunden hat.“[4]) Es ist allerdings Thatsache, dass auch die Pothos-Exemplare, mit denen sich Went eingehender beschäftigte[5]), die Dorsiventralität der Araceen-Luftwurzeln nicht näher erkennen liessen. Möglich, dass die im Glashaus modifizierten Lebensverhältnisse die Nährwurzeln von P. celatocaulis zu emporkletternden und dorsiventralen umwandelten;

[1]) Schimper, l. c. pag. 85.

[2]) Went, l. c. pag. 42.

[3]) — — l. c. pag. 20 et 45.

Van Tieghem, Recherches sur la structure des Aroidées. Ann. sc. Nat. l. c. 1866.

J. v. Sachs, Ueber das Wachstum der Haupt- und Nebenwurzeln. Arbeit d. botan. Instit. zu Würzburg. Bnd. I. Heft 3–4. 1873.

[4]) Lierau, l. c. pag. 8.

[5]) Pothos aurea, P. scandens, P. spec. (Borneo), P. nitens, Went, l. c. 35 et squ.

was gar nicht ausgeschlossen ist, wenn man die Grösse der Adaptationsfähigkeit der Araceen in Betracht zieht.[1]) Ausser Pothos celatocaulis und der später zu behandelnden Monstera hat auch Syngonium album stark dorsiventrale Nährwurzeln;[2]) dies beweist, dass die Dorsiventralität eine auch bei den Aroideen vorkommende Erscheinung ist, die man aber bis jetzt eingehender noch nicht studiert hat, geschweige denn mit solcher Ausführlichkeit, als Janczewski die der Orchideen.

Es ist ferner charakteristisch, dass die erwähnten Luftwurzeln des Syngonium an der Ventralseite und in der Spitzenregion verschleimt sind, wie bei P. celatocaulis. In Betreff der biologischen Bedeutung und chemischen Zusammensetzung dieser bei den Aroideen- und Orchideen-Luftwurzeln gleichmässig vorkommenden Schleimbildung ist es genügend, wenn ich ebenfalls auf Went's einschlägige und die Frage ganz ausführlich beleuchtende Angaben hinweise.[3])

Sowohl der äussere Habitus, als die inneren Struktureigentümlichkeiten der in Rede stehenden Wurzel von P. celatocaulis beweisen unzweifelhaft den dorsiventralen Charakter.

Die Rückenseite ist braun, man könnte sagen struppig, die Bauchseite im Gegenteil gelblich kahl, des dort sich bildenden Schleimes wegen schlüpfrig, und haftet, respektive rutscht auf dem Substrat (in diesem Falle auf der bemoosten nassen Wand des Glashauses) weiter wie ein Gastropod. So weicht sie sehr von den allgemeinen Luftwurzel-Typen ab.

Schon mit freiem Auge beobachtet zeigt sie die Wurzelhaube gross und mächtig entwickelt; nur am Kopfe der federkieldicken Luftwurzel hebt sie sich ab, dort, wo die Entwickelung der unten zu beschreibenden und meines Wissens bis jetzt ganz unbekannten Trichomschuppen beginnt, und sie schon unfähig ist, dem Drucke dieser zu widerstehen (Taf. III., Fig. 12e).

Die symmetrischen Verhältnisse der Wurzelhaube richten sich natürlich nach der Dorsiventralität der Luftwurzel; so kann man z. B. auch freien Auges wahrnehmen, dass ihr organischer Endpunkt (Fig. cit. o) nicht in, sondern über die mathematische Mittellinie des Zentralcylinders fällt, ungefähr in die Linie, wo das Rindenparenchym und der Zentralcylinder an einander grenzen. Die ansehlich grosse Wurzelhaube erstreckt sich auf der Rückenseite bis auf 1·5, auf der Bauchseite bis 1 cm, vom Endpunkte gegen die Basis bis zu dem Punkte gerechnet, wo man noch unversehrte Wurzelhaubenzellen finden kann.

Am stärksten entwickelt ist sie natürlich in der Gegend des Vegetationskegels, wo die Membran der ziemlich schmallumigen Zellen stark verdickt ist; der braune Farbstoffinhalt der Zellen aber steht besonders an der Dorsalseite in scharfem Gegensatze zu den sonst stark lichtbrechenden Zellmembranen (Fig. cit. k), so dass dadurch die ganze Endpartie schwammartig und bei geringerer Vergrösserung das ganze wie eine Morchel aussieht, deren Hut sich vom Stiel noch nicht getrennt hat.

Die Membranverdickung der Wurzelhaubenzellen kann man im Anfangsstadium der Entwicklung collenchymatisch nennen (Taf. II., Fig. 11a); in der zweiten bis dritten Zellreihe fliessen zwar die Verdickungen mehr oder weniger zusammen; in ihren Umrissen sind die verdickten Partien unregelmässig, bei geringer Vergrösserung zeigen sie gleichmässige Grenzlinien (Fig. cit. b), bis zu Ende aber den collenchymatischen Ursprung, wodurch sie von der ähnlichen Erscheinung z. B. bei Aërides, oder Dendrobium — bei

[1]) Nach Went's Untersuchungen „ist bekannt, dass die Arten derselben Gattung oft mit Anpassungen so verschiedenen Grades versehen sind, dass sie eine ununterbrochene Reihe zwischen den am einfachsten ausgebildeten Wurzelkletterern und den vollkommen adoptierten Formen, wie Syngonium album, darstellen könnten. Diese letzteren zeigen dann oft die Eigentümlichkeit, dass der Stengel um so dicker wird, durch je mehr Nährwurzeln er mit dem Boden verbunden ist, und dass der untere Teil oft abstirbt und die Pflanze so zum Pseudo-Epiphyten wird." (Went, l. c. pag. 44).

[2]) Went, l. c. pag. 14.

[3]) — — l. c. pag 13 et sequ. — Ich bemerke nur, dass der „Schleim" nicht nur bei den „Haft-", (Went p. 14). sondern auch bei den „Nährwurzeln" eine Schutzeinrichtung gegen Trockenheit ist.

welchen die Kontinuität der Haubenzellverdickungen der periklinen Wände auffallend ist — abweichen. (Taf. I., Fig. 4c, — Taf. II., Fig. 9c).

Bei Untersuchungen mit Immersionssystemen finden wir aber, dass die Umrisse dieser Verdickungspartieen keineswegs scharf sind; im Gegenteil ist ihr Rand fein gekerbt und wie zerbröselt. Die Wandsubstanz ist im vorgeschrittenen Stadium der Entwicklung heterogen, d. h. kleinere und grössere Körnchen lagern sich in die immer mehr verschleimende Grundsubstanz (oder scheiden sie sich in derselben aus?), häufen sich oft an (Taf. III., Fig. 13h) später (es scheint so) scheiden sie sich, um die verdickten Membranpartieen ganz zu überschütten, aus (Fig. cit. r); im allgemeinen aber, besonders bei den unversehrteren Haubenzellen, häufen sie sich gewöhnlich in der der Mittellamelle entprechenden Linie an (Fig. cit. i).

Die grösseren Körnchen sind mehr oder weniger rhomboëdrisch (Fig. cit. k), offenbar Kalkoxalatkryställchen, die durch Salzsäure gelöst, durch Schwefelsäure in einen Haufen Gypsnadeln verwandelt werden. Ich betrachte diese Krystallkörnchen in den Membranverdickungen der Wurzelhaube als nachträgliche Produkte, um so mehr, da sie nur in vorgeschritteneren Membranpartieen, und zwar gegen die Peripherialschichten der Wurzelhaube hin — wo die verschleimten Zellen förmlich verwittern (Fig. cit. s) — in immer grösserer Menge vorkommen (Fig. cit. x, x_1).

Nicht weniger bemerkenswert ist das Verhalten des Protoderms knapp hinter dem Wurzelscheitel. Dort, wo die Wurzelhaube noch immer aus 12—14 Zellreihen besteht, sondert sich schon das Protoderm von der Nachbarschaft der umgebenden Zellen als ein Histiogen ab, das sich etwa von der sechsten Zelle angefangen in einer Reihe von ungefähr 8 Zellen durch je eine perikline Wand teilt (Taf. IV., Fig. 14p). Die so gebildete Doppelzellreihe wird durch wiederholte Teilung dreifach u. s. w., wobei die Zellen sich in der Richtung der antiklinen Wände, und zwar in einer gegen die Spitze neigenden schiefen Linie, verlängern. Das Ergebnis ist endlich ein keilförmiger, aus der Umgebung schon wegen der entgegengesetzten Streckungsrichtung der Zellen scharf hervortretender und aus gleichmässig dünnwandigen Zellen bestehender Gewebekörper (Taf. III., Fig 12e_1, Taf. IV., Fig. 14e_1), der — als solcher — sich eine Zeit lang zwischen die Wurzelhaube und das Rindenparenchym (Periblem) einkeilt — aber nur auf der Dorsalseite — und mit diesen anfangs beiderseits auch organisch fest zusammenhängt (Fig. cit. 12h [e_1] d; Fig. 14a [e_1] pb).

Dieser sich einkeilende Gewebekörper wird als homogenes Gewebe angelegt, die in der Richtung der antiklinen Wände gedehnten Zellen teilen sich durch Querwände so lange, bis er unter der Wurzelhaube, die seinem Drucke zu widerstehen unfähig ist — so zu sagen siegreich hervorbricht (Taf. III., Fig. 12e).

Inzwischen trennen sich hier und dort die schon ellipsoiden Zellen sekundär, die dadurch entstandenen Interzellularräume füllen sich der Wurzel-Basis zu natürlich im gesteigerten Masse — mit Luft (Taf. IV., Fig. 14i).

Der in Rede stehende Gewebekörper zerfällt ungefähr auf 1·5 cm von der Wurzelhaubenspitze in ziemlich unregelmässige Schuppenfetzen, behält aber konsequenterweise seine nach aufwärts schräge Richtung bei. Je eine Zellreihe wird oft von zwanzig länglichen, an beiden Enden abgerundeten und äusserst dünnwandigen Zellen gebildet, die miteinander in lockerem Zusammenhange stehen und flache Schuppentrichome bilden (Taf. IV., Fig. 15). Diese bedecken schon mit freiem Auge sichtbar als dunkelbraune, unregelmässige Schuppen die Rückenseite der Luftwurzel in ihrer ganzen Länge (Taf. IV., Fig. 16e). Bezüglich des Zellinhaltes ist es bemerkenswert, dass der Inhalt der dem Protoderma benachbarten Zellen anfangs farblos ist, von der dritten bis vierten Zelle angefangen aber bräunt er sich immer mehr, bald treten besonders nach der Peripherie hin schwarzbraune Pigmentkörner in immer grösserer Menge auf (Taf. IV., Fig. 15). Die von braunem Farbstoff gefärbten Zellkerne sind auch in den abschuppenden Zellen oft zu sehen (Fig. cit. s_1).

Dieser braune Farbstoff ist gegen ätzende Reagentien resistent; so z. B. zeigt er nach 3 Tagen in Eau de Javelle keine merkbare Aenderung; die Zellwände selbst lösen sich in konzentrierter Schwefelsäure auch nach 24 Stunden nicht. Mit Jod-Jodkali-Schwefelsäure werden die Zellwände anfangs schmutzig-grün, bald grauviolett; Phloroglucin-Salzsäure aber rötet sie, obwohl der braune Zellinhalt genug störend wirkt. Auch die Anwendung von Chlorzinkjod zeugt mehr für die Verholzung der Trichomschuppen, um so mehr, als sie z. B. in Chromsäure spurlos verschwinden und sich auch übrigens – wie die Daten der unten angegebenen Tabelle zeigen — gegen die gebräuchlicheren Reagentien und Tinktionen sonderbar verhalten (vide pag. 22).

Es ist eine bemerkenswerte Erscheinung, dass diese — in Folge der Entwickelungsverhältnisse das Velamen radicum ersetzenden Trichomschuppen, die schliesslich für die Wasserabsorption bestimmt sind — verholzen. Ihre Zellen sind meistens unversehrt, ohne lebenden Plasmakörper, aber stets mit Zellsaft versehen. Derselbe entweicht rasch durch Transpiration, kann aber leicht wieder ersetzt werden. Ich überzeugte mich davon auf Grund folgenden Versuches.

An aus der nass-warmen Atmosphäre des Glashauses an frische Luft gebrachten Luftwurzeln entfernte ich die Schuppen, beobachtete sie unter Deckglas bei Luftzutritt und fand, dass der braune Zellinhalt in Folge seines rapiden Wasserverlustes — was auch am Zusammenhäufen der Pigmentkörner zu sehen war — sich immer mehr zusammenzog und zugleich auch die Zellen schmaler wurden. Bei Wasserzusatz wurde die Turgescenz bald hergestellt, zum Zeichen, dass diese Zellen — wenn auch nicht lebendig — im Leben der Mutterpflanze doch aktive Funktionen erfüllen.

Dieser von Schuppen gebildete dorsale Mantel ist nichts anderes, als ein aus Protodermschizogen sich bildendes, jedenfalls eigentümlich modifiziertes, nachher in verholzte Schuppen sich auflösendes partiales Velamen, das ausschliesslich auf der Dorsalseite der Luftwurzel zur Entwicklung gelangt.[1]) Es ist auch notwendig, dass ein (im tropischen Klima konstanter) dem Velamen homologer wasserbehaltender Mantel die Dorsalseite der oft weit wegkriechenden Luftwurzel bedecke. Die Pigmentkörnchen sind übrigens hier ebenso wie an der Spitze der Wurzelhaube dort am zahlreichsten wo das Licht sie mehr unmittelbar trifft (Taf. III., Fig. 12 o.k, Taf. IV., Fig. 15 s_1).

Zwischen diesen Schuppen finden ganze Schwärme von Mikroorganismen (Cyanophyceae Protococcoideae und auch Moos-Protoneme u. s. w.) gute Zuflucht, so wie Protococcus, Raphidium[2]) etc., im Velamen der Orchideen, oder aber im Velamen des Anthurium crassinervium und A. Wagnerianum die Euglena viridis.[3])

Ganz anders sind die Verhältnisse an der Ventralseite der Luftwurzel, wo die abgestorbenen Wurzelhaubenzellen circa 11 mm von der Spitze in vier Zellreihen noch immer eine im Durchschnitt 15 μ dicke Schicht bilden (Taf. III., Fig. 12 f), während an der entsprechenden Stelle der Dorsalseite der „Eingekeilte Gewebekörper" eine von noch lebenden Wurzelhaubenzellen gebildete Schicht emporhebt. Bald sind auch die letzten dorsalen Wurzelhaubenreste verschwunden (Taf. III., Fig. 12 l) indess auf der Ventralseite die aus abgestorbenen Haubenzellen bestehende Schicht noch immer zu sehen ist (Fig. cit. f). Auf diesen Wurzelhaubenresten kriecht die Luftwurzel wie eine Schnecke weiter;

[1]) Oder sollte man ihn als Wucherungen eines aus einer Zellreihe bestehenden Velamens betrachten? Denn es ist Thatsache, dass das nicht verdickte und glattwandige Velamen der Monsteroiden z. B. meistens zu Trichomen auswächst und so die Exodermis bedeckt, die mit der Zeit abgeworfen und durch Korkgewebe ersetzt wird. Desgleichen würde auch die auf der Ventralseite Wurzelhaare bildende und später abfallende Zellreihe dem Velamen entsprechend sein (Taf. V., Fig. 18 d). — (Siehe zum Vergleich die Taf. I., Fig. 15 v von Lierau, l. c., — und seine — Monstera betreffende — sehr schematischen Abbildungen). — Weder Van Tieghem, noch Lierau geben uns Daten über das Velamen von Pothos. — Von ähnlichen Gebilden wie die Trichom-Schuppen von Pothos wird noch bei Monstera die Rede sein; ebenso bei Anthurium vom Wurzelhaare bildenden Velamen.

[2]) Leitgeb, Luftwurzeln, pag. 187.

[3]) Lierau, l. c. pag. 9.

sobald die Ventralseite — vom Endpunkt ungefähr 2 cm — von den Resten der Wurzelhaube gleichsam entblöst wird und nichts besitzt, um die Unebenheiten des Substrats (Steine, Felsenmauer u. s. w. — in diesem Falle die Mauer des Glashauses) auszufüllen, beginnt die Bildung der Wurzelhaare aber nur auf der Ventralseite der Luftwurzel.

Diese Wurzelhaare sind papillenartige Ausstülpungen der mit braunem Zellsafte und Pigmentkörnchen erfüllten Protodermalzellen; entwicklungsgeschichtlich wären sie also den dorsalen Trichomschuppen homologe Gebilde, vielleicht auch analoge, insofern sie ebenfalls als Wasser absorbierende Trichomgebilde zu betrachten sind. Ungeachtet ihrer Länge sind sie immer einzellig, sonst dünnwandig und von verschiedener Gestalt (Taf. V., Fig. 18 e); besonders an den zwei ventralen Seitenkanten der Luftwurzel erreichen sie eine beträchtliche Länge (Taf. III., Fig. 16 f).

Obgleich der dorsale Schuppenmantel und die Wurzelhaare als Organe des Absorptionssystems auf diesen Teilen der Luftwurzel bereits lebhaft funktionieren, ist doch der Zentralcylinder (Plerom) immer dermassen in procambialem Zustande, dass in seinen sehr dünnwandigen Gefässen auch noch der Plasmakörper aufzufinden ist.

Die weitlumigen Gefässe, ebenso die Leptomstränge sind eben erst in Differenzierung begriffen; nur die (innere) Endormis ist schon scharf ausgeprägt. Die ausserhalb der Endodermis liegende, ungefähr sechs Zellreihen starke Schicht differenziert sich zu Rindenparenchym, ohne dass der dies später abgrenzende Sklerenchymring schon in Bildung begriffen wäre.

Die Verdickung der verschiedenen Zellelemente beginnt erst dann, wenn auch die letzten Fetzen der Wurzelhaube schon abgefallen, und die Wurzelhaare ganz ausgebildet sind.

Mit der Entwicklung der Luftwurzel kommt auch die Dorsiventralität immer mehr zum Ausdruck, dadurch, dass die Zellen der ungefähr dritten peripherischen Zellreihe des Rindenparenchyms in der Richtung der antiklinen Wände wachsen und im entsprechenden Verhältnis durch 1—6 Wände geteilt werden. Auf diese Weise bildet sich ein mit beschränktem Wachstum versehenes Phellogen, d o c h charakteristischerweise nur auf der Rückenseite (Taf. IV., Fig. 17 d); auf der Ventralseite zeigen sich höchstens die Spuren einer solchen Gewebebildung (Taf. V., Fig. 18 i).

An den zwei Seitenkanten der Luftwurzeln, nämlich dort, wo statt Wurzelhaaren schon dorsale Trichomschuppen auftreten (Taf. IV., Fig. 16 g), in der oben genannten Zone des Rindenparenchyms, teilt sich die betreffende Zelle zunächst durch eine Scheidweand (Taf. IV., Fig. 17 b), auch die weiteren Zellteilungen dauern successive ungefähr bis zur Bildung der 6-ten Scheidewand fort, während die noch nicht einmal verdickten Zellwände sofort verholzen. Mit Phloroglucin-Salzsäure färbt sich schon die erste Scheidewand lebhaft rot, ohne dass sich die Farbe der nach aussen folgenden Zellwände im geringsten ändern würde (Taf. V., Fig. 19 c).

In Folge der weiteren Zellteilungen und der Verdickung der entstandenen Scheidewände entsteht ein Zellcomplex, in dem meistens die primären, also mittleren Zellen diejenigen sind, deren Wände sich sehr charakteristisch verdicken (Taf. IV., Fig. 17 a. — Taf. V., Fig. 19 a, Fig. 20 a); die in zweiter oder dritter Linie gebildeten Scheidewände bleiben im Gegensatze dazu immer unverändert und verholzen nicht (Fig. 20 d).

Es produziert also das Phellogen in seiner mittleren Zone eine dorsale Peridermschicht, deren jedes „Kettenglied“ aus stark verdickten, mit Porenkanälen versehenen „Kork-Sclereïden“ besteht (Taf. V., Fig 20 a, Fig. 21). Ich muss bemerken, dass dieses dorsale Periderm auch in 2·5 dem Entfernung nirgends dicker war als eine, oder stellenweise zwei Zellen (Fig. 20 a); dessenungeachtet bedeckt es als kompakter Mantel die Dorsalseite der Luftwurzel; Chromsäure löst die Zwischenlamellen der Zellen vollständig, die inneren Wände dem Lumen zu aber nur teilweise; übrigens behalten sie ihre charakteristische Form. Daraus geht hervor, dass wir es mit sclerosirtem Kork zu thun haben.

Übrigens zeigt die Behandlung mit Schwefelsäure, dass streng genommen die Verkorkung sich auch auf die peripherischen Zellreihen der Ventralseite, ja sogar auf die dünnen Zellwände der Wurzelhaare ausdehnt.

Alle aus dem Protoderm der Ventralseite gebildeten Epidermalzellen, die zu Wurzelhaaren nicht auswachsen und die diese so zu sagen verbinden (Taf. V., Fig. 18d), kollabieren nachher (Fig. 18d); inzwischen differenziert sich die hypodermale Zellreihe scharf und ist meiner Meinung nach als Exodermis zu betrachten (Fig. cit. b).[1])

An dieser Stelle zeigen die Zellen sporadisch sekundäre Teilungen, die aber schnell unterbrochen werden (Fig 18i); die auch sonst gebräunten Zellen der ungefähr drei hypodermalen Zellreihen widerstehen der Schwefelsäure, auch die wellenförmige Faltung der Zellwände ist zu beobachten; Phloroglucin-Salzsäure wirkt kaum auf sie ein, Zeichen, die für verkorkte Zellwände sprechen.

Im Gegensatze hievon ist an der Dorsalseite der Lignifikation der subepidermalen Zellreihen überwiegend, obschon bei der von Höhnel anempfohlenen Behandlung mit Kalilauge die Zellwände hie und da körnige Substanz zeigen. Sowohl hier, als auch an der Ventralseite, werden die kollabierten Randzellen später abgeworfen (Fig. cit. f).

Um übrigens das Verhalten der einzelnen Gewebesysteme der Luftwurzel gegen die allgemeineren Reaktionen zu ermitteln, machte ich ausser den genannten noch Versuche mit Chlorophyll-Lösung nach Correns, Chlorzinkjod, Anilinwasser-Saffranin, Methylblau, Anilinblau und Haematoxylin, alle nach der von Zimmermann empfohlenen Weise.[2])

Es ist bekannt, dass bei Tinktionsverfahren das Verhalten der verkorkten Zellen mit jenem der verholzten in vieler Hinsicht identisch ist. Bei der Luftwurzel von Pothos celatocaulis treffen wir abweichende Verhältnisse; statt sie im Text ausführlicher zu behandeln, fasse ich sie der Einfachheit und leichteren Vergleichung wegen in umstehender Tabelle zusammen (vide pag. 22).

Anthurium digitatum G. Don.

Die konzentrisch gebauten Luftwurzeln — mit denen sich Van Tieghem, Lierau, später Went beschäftigten — zeigen viel einfachere Verhältnisse, als Pothos celatocaulis; die im Ganzen 6 mm dicken Nährwurzeln sind auch viel dünner, in Folge dessen ist also auch die Wurzelhaube viel kleiner, als diejenige bei Pothos. Schon der Umstand, dass keine Spur der mit Trichomschuppenbildung verbundenen Dorsiventralität vorhanden ist, bezeugt genügend, dass zwischen den Pothos- und Anthurium-Luftwurzeln in Betreff ihres Baues eine beträchtliche Verschiedenheit herrscht.

An der Vegetations-Spitze werden bald die säulenförmig verlängerten Zellen des Protoderms auffallend; viele der ihnen anliegenden dünnwandigen Wurzelhaubenzellen sind mit rosafarbigem Zellsafte gefüllt, was — vielleicht eine spezifische Eigenschaft des Anthurium digitatum — an der Oberfläche der Luftwurzeln in Form von rötlichen Strichelchen auch makroskopisch zu sehen ist.[3])

Die Wände der Wurzelhaubenzellen verdicken sich erst später, wir könnten sagen nur in den 2—3 gegen die Basis hin liegenden peripherischen Zellreihen. Die Verdickungsform der tangentialen Zellwände ist weniger charakteristisch; im Grossen kann man sie mit den inneren Zellreihen der Wurzelhaube von Monstera acuminata vergleichen (Taf. VI., Fig. 25), aber auch bei Anwendung

[1]) Lierau, l. c. giebt auf Taf. I., Fig. 4h ein aus zwei Zellreihen bestehendes und nach seiner Meinung „zur Verstärkung der Epidermis dienendes" Hypoderm an.

[2]) A. Zimmermann, Botan. Mikrotechnik. Tübingen 1892. — pag. 148 et sequ.

[3]) Schon Lierau erwähnt, dass die Zellen des Rindenparenchyms bei Anthurium oft schon am Vegetationskegel mit rotem Zellsaft erfüllt sind (l. c. pag. 13).

Luftwurzel von Pothos celatocaulis	Chlorophyll-lösung nach Correns	Chlorzinkjod	Anilinwasser-Saffranin	Doppelfärbungen			Phloroglucin-Salzsäure
				Anilinwasser-Saffranin + Methylblau	Anilinwasser-Saffranin + Anilinblau	Anilinwasser-Saffranin + Hämatoxylin (Boehmer)	
Trichomschuppen:	Unverändert braun	Intensiv zitronengelb	Unverändert braun	Unverändert braun	Intens. blaugrün (Cyanoph.-grün)	Unverändert braun	Leicht rötlichbraun, übrigens fast unverändert
Dorsale subepid. Zellreihen:	?	Zitronengelb	Intensiv karminrot	Intensiv karminrot	Intensiv karminrot	Karminrot	Karminrot
Dorsale Sclerenchymmantel:	?	Zitronengelb	Intensiv karminrot	Intensiv karminrot	Intensiv karminrot	Intensiv karminrot	Intensiv karminrot
Rindenparenchym:	?	Sehr blass violettblau	Unverändert	Unverändert	Blass Cyanoph.-grün	Blassviolett	Unverändert
Innere Zellreihen des Rindenparenchyms:	?	Violettblau	Unverändert	Bläulich	Blass Cyanoph.-grün	Blassviolett	Unverändert
Sclerenchymscheide:	Unverändert	Intensiv zitronengelb	Intensiv scharlachrot	Intensiv scharlachrot	Intensiv violett karminrot	Intensiv karminrot	Intensiv karminrot
Zellschicht zwischen der Sclerenchymscheide und dem Endodermis:	?	Violettblau	Unverändert	Unverändert (?)	Blaugrün	Blassviolett	Unverändert
Verdicktes Zwischengewebe des Zentralcylinders:	?	Intens. dunkel-zitronengelb	Intensiv karminrot	Intensiv karminrot	Intensiv violett karminrot	Intensiv karminrot	Intensiv karminrot
Ventrale subepidermale (1—2) Zellreihen:	?	Lebhaft zitronengelb	Im Ganzen unverändert, hie und da blassrot	Im Ganzen unverändert, hie und da blassrot	Blass grünlich-rot	Im Ganzen unverändert	Unverändert braun, hie u. da blass
Ventrale Wurzelhaare:	-	Lebhaft zitronengelb	Unverändert braun	Blau-grau	Cyanoph. bläulichgrün	Unverändert braun	Unverändert braun

von Immersionen ist ihre Substanz (vom Pothos abweichend) homogen und färbt sich mit Kongorot; die antiklinen Wände aber bleiben immer dünnwandig (Taf. V., Fig. 22 h).

Ich habe eine Verschleimung der sich abschälenden peripherischen Zellen hier nicht beobachtet[1]), sie trennen sich ohne auffallendere Kollabescenz einfach ab und höchstens deuten radiale Zellwandreste ihren Platz an (Fig. cit. x), so zwar, dass die Zellen der unmittelbar an die Atmosphäre grenzenden Zellreihe eigentlich ganz unversehrt bleiben; sie werden hier nicht, wie z. B. bei Oncidium, von einer, aus abgestorbenen Wurzelhaubenzellen gebildeten Schicht bedeckt, obgleich ein solcher Mantel bei anderen Anthurium-Arten wahrscheinlich vorkommt. Wenigstens bildet Leitgeb etwas ähnliches bei Anthurium crassinervum ab (l. c. Taf. III., Fig. 1 x), giebt aber keine weitere Aufklärung hierüber.

Die weitlumigen und chlorophyllreichen Zellen der Wurzelhaube bilden an der Spitze ungefähr 20 Zellreihen, deren Zahl sich seitwärts bald auf 4—5 Reihen vermindert, in demselben Verhältnis nimmt der Chlorophyllgehalt ab, wächst aber im Rindenparenchym.

Nach dem Abfallen der letzten Zellen der Wurzelhaube tritt ein einzellschichtiges, sonst weniger typisches Velamen in den Vordergrund; diesbezüglich genügt es auf Lierau's Untersuchungen hinzuweisen, da er die Anthurium-Arten im Vergleich mit Pothos sehr ausführlich behandelte.[2])

Zur Ergänzung der an den citierten Stellen befindlichen Angaben habe ich nur die Bemerkung zu machen, dass die Zellen des Velamen (Epidermis[3]) von Anthurium digitatum meistens zu gleich langen, oder an ihren Enden schneckenförmig sich windenden, sonst dünnwandigen, einzelligen, mit abgerundetem Ende versehenen Wurzelhaaren auswachsen, die meistens schmaler sind als die Zelle, von der sie stammen (Taf. VI., Fig. 23 s, r). Sie sind weiss und bedecken ringsum die Seiten der Luftwurzel als ausserordentlich feiner Mantel.

Im älteren Stadium der Luftwurzel geht aber auch dieser zu Grunde, eben wie das Velamen von Anthurium fissum (Lierau, l. c. Taf. I., Fig. 2 v) und dann kommt die sich immer schärfer differenzierende und verkorkte Exodermis zum Vorschein (Fig. cit. e). So geschieht es bei allen diesen Anthurium-Arten, wo das Velamen nur aus einer Zellreihe besteht, so dass dann die Exodermis die Rolle der Epidermis übernimmt.[4])

Auch die anderen Struktur-Eigentümlichkeiten der Nährwurzeln entsprechen der konzentrischen Organisation, was bei Anwendung der Tinktionsmethoden schon in der scharfen Differenzierung der Farben zum Vorschein kommt.

[1]) Wenigstens nicht beim Grazer Anthurium, was ich darum betonen muss, weil es wegen der, im Glashause bedeutend abweichenden Lebensverhältnisse gar nicht ausgeschlossen ist, dass in Folge irgend einer vegetativen Störung die bei den Araceen sonst gewöhnliche Schleimbildung unterblieb. Lierau sagt (l. c. pag. 8) im Allgemeinen von der Luftwurzelspitze des Anthurium, dass sie verschleimt sei.

[2]) Lierau, l. c. pag. 8 et sequ.

[3]) Wenn wir in Betracht ziehen, dass in diesem Falle das Protoderma zum einzellreihigen „Velamen" sich umwandelte, können wir dies mit gleichem Recht als „Epidermis" betrachten. Seine Zellen sind ohne jede charakteristischen Poren und Verdickungen, glatt und dünnwandig. Lierau betrachtet das — von dem, der Orchideen grundverschiedene — 1–2-zellreihige Velamen der Anthurium-Arten (wohin Anthurium, Philodendron u. s. w. gehören) nur deshalb als „Velamen", weil die Endodermis (Exodermis) es vom Rindenparenchym trennt (l. c. pag. 9). Er selbst betont aber (l. c. pag. 11), dass „bei den Anthurieae wir im Allgemeinen ein reduziertes Velamen radicum und Hand in Hand damit eine weniger typische äussere Endodermis haben".

[4]) Lierau, l. c. pag. 15.

Von den Doppelfärbungsmethoden war Anilinwasser-Saffranin + (Boehmer'sches) Hämatoxylin am zweckmässigsten, besonders, weil sich die Cyanin-Eosin-Doppelfärbung bei der Erforschung der chemischen Umwandlungen der Zellmembranen als gute Kontrolle erwies.[1])

Anilinwasser-Saffranin wirkte auf die Schnitte der mit einer Wurzelhaube versehenen Luftwurzelspitze selbst stundenlang nicht und nur bei nachträglicher Anwendung von Hämatoxylin (Boehm.) tingierten sich die gesamten Gewebesysteme violett, als Zeichen, dass in diesem prokambialen Zustande die Spitze der Luftwurzel samt der Wurzelhaube aus Zellulose besteht.

Eine bedeutendere Aenderung, die chemische Umwandlung der Zellwände betreffend, kommt auch dann nicht vor, wenn die Wurzelhaare, die sich ebenfalls blau färben, schon entwickelt sind; allein die primären Gefässe nehmen eine leicht rötliche Färbung an.

Wenn die aus Zellulose bestehenden Wurzelhaare zu Grunde gehen, sind die Gewebe der Luftwurzel vollkommen ausgebildet. Wie die Doppelfärbung es zeigt, ist ausser den mit Leptom regelmässig alternierenden und aus einigen Gefässen bestehenden Hadromgruppen nur der Zentralstrang des Grundgewebes vom Zentralcylinder verholzt; die verkorkte Exodermis ausgenommen, besteht das übrige aus Zellulose. Um die Endodermis herum sehen wir Krystalldrüsengruppen aus Kalkoxalat, ebenso wie bei Anthurium dominicense Schott.[2]) Die Bildung einer Sclerenchymscheide konnte ich selbst 3 cm von der Wurzelspitze entfernt nicht wahrnehmen, eben wie Kattein auch bei dem schon erwähnten Anth. dominicense nicht.[3]) In Betreff des letzteren bemerke ich, was übrigens bekannte Thatsache ist, dass sclerenchymatische Elemente in grösserer Zahl bei den mechanisch stärker in Anspruch genommenen „Haftwurzeln" auftreten, als bei den „Nährwurzeln".[4])

[1]) Auch in diesem Falle habe ich meistens die von Zimmermann (l. c. §§ 269 et γ, 272) empfohlenen Methoden angewendet. Meine teilweisen Modifikationen (besonders beim Einbetten in Kanadabalsam) waren folgende: Ich habe die Schnitte je 16 Stunden lang in einer Mischung gleichen Volumens konz. Alkohol-Saffraninlösung und Anilinwasser, ebenso in sehr wässeriger Cyaninlösung liegen lassen. Bei ersterer konstatierte auch ich, dass die mit Saffranin-Hämatoxylin behandelten Präparate nicht mehr als ein paar Sekunden dem 5 % salzsäurehaltigen Alkohol ausgesetzt sein dürfen.

Nach dem Auswaschen mit Wasser legte ich die Präparate in wässerigen Alkohol, dann in reinen Alkohol, von hier in eine Mischung gleichen Volumens Alkohol + Xylol, — und zwar in Zwischenräumen von je einer Viertelstunde. Dann kamen die Schnitte zuerst in Xylol, dann in mit Xylol gelöstem Kanadabalsam und der lebhafte Farbeneffekt verblieb ungestört.

Bei Anwendung eines Exsiccator's wird man gewöhnlich an der Durchführung der Untersuchungen aufgehalten, darum bin ich auch bei den Dauereinschlüssen der mit bald Cyanin, bald Eosin enthaltendem Nelkenöl behandelten Präparaten im Wesentlichen ebenso verfahren. Beim Übersetzen aus Eosin enthaltendem Nelkenöl habe ich natürlich statt Alkohol eine Mischung von reinem Nelkenöl + Xylolum in entsprechender Reihenfolge angewandt, bis die Präparate endlich in reinem Xylol sich befanden. Die milchige Trübung, die beim Mischen von Xylol und Nelkenöl entsteht, vergeht bald und wir können das Verfahren noch einfacher machen, indem wir zu den (in einer 1 : 5 Mischung von Xylol und Nelkenöl liegenden) Präparaten fortwährend Xylol zufliessen lassen, bis das Xylol ungefähr 75 % der Mischung ausmacht. Von da können wir die Schnitte ohne jeden Unfall in reines Xylol, dann in mit Xylol gelösten Kanadabalsam übertragen.

[2]) A. Kattein, Der morphologische Wert des Zentralcylinders der Wurzel. Mit 4 Tafeln. — Botan. Centralblatt, Band (1897) LXXII, Nr. 42. pag. 92.

[3]) A. Kattein, l. c.

[4]) Schimper, Epiphyt. Amerikas, Taf. III., Fig. 4—5, bezieht sich z. B. eben auf ein Anthurium sp., dem zwar die — wenigstens Anthurium betreffende — Bemerkung Went's, sowie die Figuren auf die er hinweist (Taf. V., Fig. 11 a — b), scheinbar widersprechen, da letztere kaum auf ein genau bestimmtes Anthurium (A. pseudopodophyllum Schott — A. podophyllum Kunth) sich beziehen. Went selbst bemerkt zwischen Klammern: Monstera sp.? — Dass die verschiedenen Anthurium-Arten in ihrer Haft- und Nährwurzelstruktur sich ähnlich wie Carludovica Plumieri verhalten, setzt uns Schimper zwar ausführlicher auseinander (l. c. pag. 55), von der Sclerenchymscheide aber spricht weder er, noch Went bei Anthurium digitatum eingehender.

Übrigens ist folgende Bemerkung Went's (für Pothos celatocaulis, Monstera etc.) treffend, nur —

Für das Vorgetragene zeugen ferner alle Präparate, die ich parallel mit Cyanin, bald mit in Nelkenöl gelöstem Eosin behandelt habe.[1])

Dieses Verfahren war auch deshalb charakteristisch und für die vorgetragenen Thatsachen so zu sagen Kontrolle, weil es mir bei Anthurium gelang, konträre Farbeneffekte zu erhalten.

So z. B. wurden alle Bestandteile der mit der Haube bedeckten Wurzelspitze intensive rosa tingiert, was auf Zellulose hinzeigt; im Gegensatze hievon färbten sich die Exodermis, die Gefässe, der Zentralstrang des Zentralcylinders als Zeichen der Verkorkung, beziehungsweise Verholzung intensiv blau.

Mit Chlorzinkjod konnte ich ausser den obigen Beobachtungen noch feststellen, dass die Verkorkung der Exodermismembranen schon frühe, vor der Entwicklung der Wurzelhaare, beginnt, so wie sich auch das Rindenparenchym nur in den ersten (procambialen) Entwicklungsstadien gleichförmig violett färbt; mit der Zeit wird auch dies modifiziert.

Monstera acuminata C. Koch.

(Maregravia paradoxa Hort. botan.)

Diese bemerkenswerte Epiphyte des Grazer botanischen Gartens war mir ein interessantes Beispiel sowohl der eigentümlichen Entwicklungs-, als auch der Gewebeverhältnisse der Luftwurzeln wegen, um so mehr, da sie eines der gelungensten Glieder der Kulturen des Grazer botanischen Gartens war. Mit Monstera deliciosa (false: Philodendron pertusum) beschäftigte sich Lierau, und zwar eingehender, als mit Pothos; seine Angaben aber weichen in vielen Punkten von meinen an M. acuminata gemachten Erfahrungen ab, was möglicherweise in der Verschiedenheit der Spezies seine Erklärung finden kann. Darin aber, dass die „Wachsende Region" der Luftwurzeln ausserordentlich gross ist, stimmen beide überein. J. v. Sachs' klassische Beobachtungen über das Wachstum der Luftwurzeln von Monstera deliciosa sind bekannt.[2])

Die fingerdicken Nährwurzeln von M. acuminata fielen schon ihres äusseren Habitus wegen an der nassen Wand des Glashauses des Grazer botan. Garten sehr auf, und nach der Analogie des Pothos-Beispieles liess schon die makroskopische Untersuchung erraten, dass wir es hier mit komplizierteren Struktureigentümlichkeiten zu thun haben.

Fest an die Mauer geschmiegt, kroch die Wurzel nach Art eines Gastropoden auf einem von der Wurzelhaube gebildeten, ca. 1 dm langen schleimigem Grunde, vom Sympodium unter einem Winkel von 45° gegen die Oberfläche des Bodens hin; der äussere Mantel selbst zeigt auf Dorsiventralität weisende Abweichungen sowohl seiner einzelnen Bildungselemente, als auch hinsichtlich der Verteilung seiner Farben.

wie ich sehe — eben für Anthurium nicht (l. c. pag. 39): „Es darf nicht Wunder nehmen, dass diese Schutzscheide (von Sklerenchymelementen) bei den Nährwurzeln vieler Aroideen gefunden wird, deren Zentralcylinder mit den vielen weitlumigen Gefässen leicht zusammengepresst würde, während sie bei den Haftwurzeln fehlt, wo sie auch ganz überflüssig wäre, da der Zentralcylinder fast nur aus sklerotischen Elementen besteht." Dem zuvorkommend äusserte sich Schimper (l. c. pag. 54) — der zuerst die oft vorkommenden anatomischen Abweichungen der zwei Wurzelarten nachwies und durch Beispiele illustrierte — folgendermassen: „Die Nährwurzeln weichen in ihrem anatomischen Bau wesentlich von den Haftwurzeln ab, indem bei ihnen die leitenden Elemente vorherrschend sind, während die mechanischen stark zurückgetreten sind" — was sich im Wesentlichen auch auf Anthurium bezieht, insofern die hier nicht zur Ausbildung gelangte Sklerenchymscheide die Richtigkeit dieses Lehrsatzes bestätigt. Lierau konnte gerade zwischen den Nähr- und Haftwurzeln bei Anthurium keinen Unterschied machen, dessen Erklärung Schimper l. c. pag. 55 sub [1]) — giebt.

[1]) Zimmermann, l. c. § 272.

[2]) Sachs, J. Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg. Bd. I. 1874. Art. XIX. Ueber das Wachstum der Haupt- und Nebenwurzeln. Von J. Sachs (Fortsetzung) pp. 593 et sequ.

Die Dorsalseite ist, nahe der Wurzelspitze beginnend, mit braunen Schuppen bedeckt, die in Querstreifen liegen und deren Farbenintensität immer grösser wird; auf dem weisslich-grünen Grunde bringt diese „zebraartige“ Zeichnung selbst lebhafte Farbeneffekte hervor (Taf. VI., Fig. 24 z).

An den beiden ventralen Seitenkanten tritt schon in der Nähe der Wurzelspitze je ein von beträchtlich langen Wurzelhaaren gebildeter dichter Streifen zum Vorschein, der zuerst schneeweiss, später immer breiter und rosenfarbig wird, zuletzt an den ältesten Teilen hier und dort intensiver fast ins schwarz-rotbraune übergeht (Fig. cit. a, b).

Charakteristisch ist, dass die laterale Grenzlinie dieser bis 3·5 mm langen Streifen an ihren der dorsalen Oberfläche entsprechenden Grenzlinien äusserst scharf ist (Fig. cit. 24 o), d. h., dass ihre Weiterentwicklung dort sofort aufhört; auf der ventralen Seite aber verlaufen sie in einen dichten, etwa 2 mm dicken Pelzmantel (Fig. cit. c). Im Allgemeinen können uns diese Charaktermerkmale an Pothos celatocaulis erinnern.

Die Entwicklung von Wurzelhaaren beginnt nur dort, wo die Luftwurzel fest am Substrat haftet und nicht weiter gleiten kann.

Der sich auf etwa 4 – 5 cm entwickelnde Spitzenteil der Luftwurzel ist makroskopisch rund herum glatt und von mattgelb-grünlicher Farbe (Fig. cit. a); die dorsalen Schuppen treten zuerst als sehr feine braune Striche auf und sind, wie aus den Entwicklungsverhältnissen hervorgehen wird, nicht Überbleibsel der Wurzelhaube.

Schon die ansehnliche Dicke der Luftwurzel lässt auf eine mächtige Wurzelhaube schliessen. Über dem Vegetationspunkt ist sie thatsächlich etwa 35 Zellreihen stark entwickelt, deren tangential gedehnte Zellen ein gutes Stück weit als eine aus etwa 20 Zellreihen bestehende Schicht die Seiten der Luftwurzel bedecken.

In den dem bald hervortretenden Protoderma benachbarten 4 — 5 Zellreihen sind die Zellen mehr quadratisch und im Allgemeinen gleichmässig dünnwandig; nur in den der Peripherie näheren Zellreihen strecken sie sich in tangentialer Richtung und lassen hier die Wandverdickungen mehr hervortreten (Taf. VI., Fig. 25 h_1, beziehungsweise $h - h_1$).

Die Form der periklinen Wandverdickungen der Wurzelhaubenzellen erinnern im Allgemeinen an Pothos, sind aber nicht so ausgesprochen kollenchymatischen Charakters. Im Einzelnen ist es auffallend, dass die radialen (antiklinen) Wände bis zuletzt überaus dünn bleiben (Taf. VI., Fig. 25 n); um so grösser sind die Verdickungen der tangentialen (periklinen) Wände und zwar auf die Art, dass diese übrigens verschieden gestalteten und grossen Verdickungsteile („Pölsterchen“) alle an der inneren Seite der Zellwände, also nur zentripetaliter gebildet werden (Fig. cit. a.), oft in ein und demselben Zellraume in mehreren Abteilungen, so dass diese Pölsterchen durch die ganz und gar dünn bleibenden primären Wandpartien sehr oft scharf von einander getrennt sind (Fig. cit. c, c_1).

Die Substanz aller dieser verdickten Wandteile zeigt sich nur anscheinend homogen; nach immersionalen Untersuchungen finden wir die bei Pothos beobachteten Eigentümlichkeiten, höchstens mit der weniger wichtigen Abweichung, dass die Kryställchen hier äusserst klein sind und grössere, die rhomboëdrische Gestalt zeigende Krystalle nur äusserst selten vorkommen.

Die Beobachtung Leitgeb's, dass, wenn wir die Spitze der lebhaft vegetierenden Luftwurzel in Wasser bringen, sie nach einiger Zeit von einem sehr dünnen Schleim bedeckt und in Folge dessen beim Berühren äusserst schlüpfrig wird, kann ich bestätigen.

Es ist überflüssig, über die Verschleimung alles das zu wiederholen, was ich ohnehin schon bei Pothos gesagt habe. Ich werde mich auf den Vortrag anderer, damit in Zusammenhang stehender Eigentümlichkeiten beschränken.

Wenn man die Luftwurzelspitze von Monstera in Wasser taucht, tritt die etwa 3 cm lange, die Wurzelhaube bedeckende schleierartige Hülle hervor, welche sich, nachdem die Zellverdickungen

(eben wie bei Pothos) verschleimt sind, aus den dünnfädigen Fetzen d. h. abgetrennten Zellen der Wurzelhaube bildet. Diese Zellen behalten ihre ursprüngliche Gestalt mehr oder weniger bei, kollabieren nicht und in ihnen sind mit dem abgestorbenen Cytoplasma auch die Zellkerne sichtbar (Taf. VI., Fig. 26 b).

Die sich eigentümlich zuspitzenden Verlängerungen dieser Zellen entsprechen den radialen Wänden der Wurzelhaube, die zwischen ihnen sich ausbauchenden konkaven Höhlen enthielten einst die „Verdickungspölsterchen" (Fig. cit. c beziehungsweise a); zwischen den Pölsterchen in der Zellhöhle sind auch dann noch Bestandteile des Zellinhaltes zu beobachten (Fig. 25 c_1, Fig. 26 c_1).

Die Wurzelhaubenfetzen verändern sich in Chlorzinkjodlösung nicht wahrnehmbar; in konzentrierter Schwefelsäure auch nicht, lösen sich aber in Chromsäure; mit Jod-Jodkalium und Schwefelsäure treten nur hie und da grau-blaue Farbenschattierungen hervor: alles dies als Zeichen der geringen Verkorkung. Dafür zeugt auch die Anwendung von Saffranin-Hämatoxylin, da auch die zwischen den Wurzelhaaren zu findenden, also abgestorbenen Wurzelhaubenzellen sich nicht in der für verkorkte Wände charakteristischen Weise rot färben.

Auf der Ventralseite der Luftwurzel haben die sich abtrennenden Wurzelhaubenzellen etwa dieselbe Aufgabe, wie bei Pothos; ihr Zurückbleiben aber, besonders ihre Lage zwischen den sich entwickelnden Wurzelhaaren ist für diese Monstera-Art äusserst charakteristisch.

Die Protodermalzellen der Ventralseite (das einzellschichtige Velamen von Monstera ist also eine epidermoidale Schicht[1]) wachsen nämlich ohne Ausnahme bald bis zu 2 mm langen (Taf. VI., Fig. 24 c), an den lateralen zwei Seitenkanten aber (Fig. cit. a, b) 3—3·5 mm langen dünnwandigen, einzelligen, gleich schmalen, mehr oder weniger sich krümmenden und mit abgerundeter Spitze versehenen Wurzelhaaren aus, welche sich mit Saffranin-Hämatoxylin behandelt violett färben; sie sind mit den auch bei Anthurium digitatum vorkommenden und Taf. VI., Fig. 23 s abgebildeten identische, aber — wie erwähnt — nur auf der Ventralseite vorkommende Gebilde (Taf. VII., Fig. 28 a b).

In dem strahligen und hellen Geflechte derselben sehen wir die dunkelbraunen Fetzen der Wurzelhaube in eine obere und untere Zone geordnet, d. h. die sich weiterentwickelnden Wurzelhaare ziehen die sich abscheidenden Wurzelhaubenzellen mit sich und zwar zuerst die sich leichter abschälenden peripherischen Wurzelhaubenzellen — dies ist die obere Zone (Fig. cit. c); die Wurzelhaare wachsen eine Zeit lang weiter (Fig. cit. a), dann heben sie die darunter befindliche und ebenfalls peripherisch gewordene Wurzelhaubenschicht, — dies ist die untere, mit der oberen parallele Zone (Fig. cit. c_1 oder Taf. VI., Fig. 24 d).

Die Erklärung der beiden erwähnten lateralen Grenzlinien ist die, dass dieser Demarkationsgrenze entlang die Entwicklung der Wurzelhaare sofort aufhört (Taf. VII., Fig. 28 o) und darüber hinaus, d. h. auf der Dorsalseite der Luftwurzel gehen die protodermalen Zellen (d. h. die epidermoidale Schicht), — zum Teil auf an Pothos celatocaulis erinnernde Art und Weise — in Trichomschuppen über (Fig. cit. x). Von ihrer Oberfläche sind natürlich die Wurzelhaubenfetzen schon abgefallen.

Diese Art des Auftretens der Trichomschuppen ist zwar im Wesentlichen im Vergleich zu Pothos viel einfacher, im Endresultate aber sind sich beide gleich. Protodermale Hypertrophie findet in beiden Fällen statt und der Unterschied ist nur der, dass, während die Entwicklung von Trichomschuppen bei Pothos sehr früh, besser gesagt am meristematischen Vegetationspunkte beginnt, bei Monstera sich die Zellen der epidermoidalen Schicht erst dann strecken und sich in mehrere Zellen teilen, wenn von einer lebenden Wurzelhaube schon keine Spur mehr vorhanden ist.[2])

[1]) Lierau, l. c. pag. 19.

[2]) Die Wurzelhaube wird auf der Ventralseite noch immer von einer — zwar aus toten Zellen gebildeten, 8—10 Zellreihen starken Schicht vertreten, für deren Aufgabe Taf. VII., Fig. 28 spricht; ebenso bezieht sich auch hierauf die Erklärung, welche ich, die dorsalen und ventralen Dimensionen der Luftwurzel betreffend, bei Pothos gegeben habe.

Diese dorsale Schuppenbildung von Monstera ist also ein mit den Trichomschuppen von Pothos homologes und zwar als Velamen partiale anzusehendes Produkt.

Die Trichomschuppen von Monstera sind zwar um vieles kürzer, ihrer Struktur nach ist aber kein weiterer Unterschied zwischen ihnen vorhanden. Die mit unregelmässigen Umrissen versehenen im Allgemeinen tafelförmigen Parzellen dieses Zellkomplexes bilden die eigentümliche Streifung der Dorsalfläche (Taf. VI., Fig. 24 z).

Einige braun werdende und mehr oder weniger sich ausstülpende Zellen der epidermoidalen Schicht verbinden die absatzweise von einander getrennten Schuppen, wie das z. B. auf Taf. VII., Fig. 28 o, zu sehen ist; diese nehmen also an der Bildung von Trichomschuppen nicht Teil. Aus dieser Stelle der citierten Figur ist auch zugleich ersichtlich, dass zwischen der Bildung von Trichomschuppen und Wurzelhaaren — obwohl Produkte derselben Zellschicht, des Velamens — gar kein Übergang stattfindet.

Die Maximalhöhe der Schuppen ist etwa 1 mm, obgleich dieses nicht zur Geltung kommt, da sie, im Gegensatze zu den Wurzelhaaren, sich an die dorsale Seite anschmiegen; das Verhalten sowohl der Wurzelhaare und Schuppen, als auch der übrigen Gewebesysteme gegen Reaktionen und Tinktionen, weicht von Pothos nicht ab.

Man könnte sagen, dass parallel mit der Entwicklung der dorsalen Schuppen auch in der peripherischen Schicht des Rindenparenchyms eine sekundäre Veränderung eintritt. Die epidermoidalen Zellen bräunen sich zuerst nur hie und da, bald ganz, kollabieren, später trennen sie sich ab (Taf. VIII., Fig. 30 o). Die subepidermale Zellschicht wird zu einer sich bräunenden und — da Schwefelsäure sie nicht löst — verkorkten Exodermis. Sie steht im scharfen Farbengegensatze zu den blassgelb bleibenden Zellwänden des Phellogens, welches darunter durch tangentiale Teilungen entsteht (Taf. VIII., Fig. 30 c, a).

Das weitere Verhalten des Phellogens weicht neben allen seinen Aehnlichkeiten mit Pothos doch in vielem ab, so z. B. darin, dass die primären Scheidewände längere Zeit hindurch auch keine Spur von der bei Pothos beobachteten momentanen Verholzung zeigen (Taf. VIII., Fig. 30 a, die mit gelb ausgezogenen Zellwände). Die Lignifikation der verkorkten Zellwände ist nur eine sekundäre Erscheinung und auch dann nicht vollständig, wenn die Verdickung der peridermalen Zellen beginnt.

In einer Entfernung von etwa 3 dm von der Wurzelspitze habe ich beobachtet, dass unter den stark gebräunten und sich abschälenden Zellschichten, obgleich die Gewebedifferenzierung schon überall zu Ende gegangen ist, sich die einzelnen Zellen des Phellogens verdicken und verholzen; dazwischen bleiben aber dennoch die ursprünglichen 1—2 verkorkten Scheidewände unverändert dünn. Auf diese Art bildet sich ein unterbrochener peridermaler Deckmantel, doch nur auf der dorsalen Seite (Taf, VIII., Fig. 31 d - k).[1])

Ausser dem charakteristischen Auftreten der Wurzelhaare und der Schuppenbildung ist auch dieses ein Zeichen der Dorsiventralität; auf der Ventralseite treten — wie bei Pothos — von sekundären Scheidewänden getrennte Zellen nur sporadisch auf, welche auch mit einander in keinem Zusammenhange stehen.

[1]) Sogenannte „lokale Korkbildung" ist bei den Aroideen eine bekannte Erscheinung; schon Leitgeb erwähnt sie. Eingehendere Angaben fehlen uns aber. Monstera deliciosa betreffend steht bei Lierau l. c. pag. 20 folgendes: „Das Abwerfen des Velum (Velamen) sowie die Kork- und Sklerenchymbildung schreiten nicht regelmässig und allseitig vorwärts, so dass also ein Querschnitt ringsum überall dasselbe Stadium zeigte, sondern ein und derselbe Querschnitt zeigt hier (Fig. 6) das vertrocknete Velum und die Endodermis, dort (Fig. 5) die in Teilung begriffene Rinde und Endodermis, an einer dritten Stelle (Fig. 7) typisches Korkgewebe mit eingelagerter Sklerenchymschicht." — Es sind dies Erscheinungen, welche auch bei M. acuminata zu beobachten sind, mit dem Unterschiede, dass die Sklerenchymbildung (Sklerenchym-Kork) nach meinen Untersuchungen nur auf der dorsalen Seite erfolgt; bei M. deliciosa geschieht dieses, obgleich ebenfalls unterbrochen, auf jeder Seite.

Die Verholzung (Phloroglucin-Salzsäure) geht auch auf die Zellwände einiger dem Periderm benachbarten Zellen über (Fig. cit. c), — mit Saffranin-Hämatoxylin werden die jenseits des Periderms liegenden Zellen rot gefärbt — zugleich ein Zeichen der Verkorkung; dem gegenüber ist innerhalb des Periderms das ganze Rindenparenchym violett-blau.

Die Sklerenchymscheide ist, wie bei Pothos, so auch bei Monstera acuminata in der entsprechenden Zone des Rindenparenchyms wahrzunehmen, aber auch diese ist kein kontinuierlicher, — sondern im Gegensatze zu M. deliciosa[1]), ein stark unterbrochener, wenngleich sowohl auf die dorsale, wie auf die ventrale Seite sich ausdehnender und aus ellipsoiden Zellen bestehender Ring; seine Wände, wie auch die Wände der peridermalen Zellen sind weniger verdickt, ihre Verholzung ist aber vollständig.

In den inneren Zellreihen des Rindenparenchyms nimmt die Zahl der Chloroplasten zentripetaliter ab; später tritt eine rötlichbraune, gerbsäureartige Masse immer mehr hervor, die weniger mit Alkohol, wohl aber mit Wasser, ja mit Glycerin gut auszuziehen ist.

In dem von der Endodermis geschlossenen Zentralcylinder sklerotisieren die Zellen zwischen den Gefässbündelteilen nicht; ähnliches habe ich auch bei den älteren und entwickelten Luftwurzeln von M. acuminata beobachtet. Ebenso unterbleibt auch die Bildung von Milchröhren und interzellularen Trichoblasten, welch' letztere so sehr für die Klasse „Monsteroideae" der Aroideen charakteristisch sind, dass ihr Vorkommen auch in den Luftwurzeln eine häufige Erscheinung ist.[2])

Die Sklerose des Mestoms bei „Monstera" nennt Lierau überhaupt eine sehr frühe (l. c. pag. 20), diesem steht aber die auf Monstera acuminata bezügliche oben mitgeteilte Erfahrung entgegen. Auch an aus älteren Wurzelteilen entnommenen Querschnitten zeigte sich nach Tinktionen nur in den peripherischen Gefässen einige Verholzung, die unverändert dünne Wandung der übrigen zeigte mehr Zellulosereaktion. Aus dem bisher Gesagten ist also gewiss, dass zwischen den beiden Monstera-Arten betreffs der Struktur ihrer Luftwurzeln der Unterschied ein sehr grosser ist und dieser wird noch gesteigert durch die weiter unten mitzuteilenden Thatsachen.

Aus den an Hartwegia commosa angestellten Untersuchungen Leitgeb's ist unter anderem bekannt, dass die im Wasser entwickelten Luftwurzeln sich in gewisser Hinsicht verändern.[3])

In noch höherem Masse wahrscheinlich zeigte sich diese Veränderung an der Grazer Monstera acuminata. Unter einem besonders gut entwickelten Exemplare stand zufällig ein grösserer Wasserbehälter, so dass sich der grösste Teil ihrer Luftwurzeln darin entwickelte. Wahrscheinlich haben unter Anderem überaus günstige Lebensverhältnisse (Wasserreichtum und die im Wasser gelösten Nährsalze) die reiche Verzweigung der Luftwurzeln verursacht, was ich an an der bemoosten nassen Wand kletternden Luftwurzel nie gesehen habe, und zwar so sehr, dass die im Vergleich zur Hauptwurzelachse viel dünneren Nebenwurzeln in Büscheln im ständig gleich warmen Wasser des Behälters schwammen, jedenfalls ein interessantes Beispiel dafür, dass das Wasser auf die Entwicklung

[1]) Lierau l. c. pag. 21, Taf. I., Fig. 9.

[2]) Bei Monstera deliciosa siehe z. B. Lierau, l. c. Taf. I., Fig. 8.

[3]) „Wenn Wurzeln im Wasser gezogen werden, so bilden sich an der Epidermis weder Papillen noch Wurzelhaare" (Leitgeb, Zur Kenntnis von Hartwegia commosa Nees. Sitzungsber. der Math.-Naturw. Kl. d. k. Akad. Wien. XLIX. [1864] pag. 148. Taf I., Fig. 21).

Auf jeden Fall wäre es interessant, in dieser Richtung auch mit den Luftwurzeln z. B. von Pothos celatocaulis Versuche zu machen, die uns wahrscheinlich analoge Erscheinungen, wie durch Zufall entstandene „Wasser-Luftwurzeln" der Monstera acuminata liefern würden

Den Einfluss des umgebenden Mediums, vorzüglich des Wassers auf die Wurzeln der Land- und Wasserpflanzen studierte Wacker eingehender (Die Beeinflussung d. Wachstums d. Wurzeln durch das umgebende Medium. — In Pringsheim: Jahrb. f. wissensch. Bot. Band (1898) XXXII pag. 71 et sequ). Die Arbeit dehnt sich aber auf die Luftwurzeln nicht aus.

der Luftwurzeln gar keine retardierende Wirkung ausübt.[1]) Der Unterschied zwischen dem äusseren Habitus der an freier Luft und im Wasser vegetierenden beiden (Nähr-) Wurzelarten ist — zwar mit teilweiser Aufrechthaltung des dorsiventralen Charakters — sehr gross (Taf. VI., Fig. 24 u. 27), wie wenn sie nicht identische Organe derselben Pflanze wären.

Das Medium, hier das Wasser, in dem die Luftwurzeln leben, zeigt in diesem Falle in äusserst charakteristischer Art und Weise seine beeinflussende Wirkung auf die Entwicklung der Luftwurzeln.

An der mit einer Wurzelhaube bedeckten Spitze fliessen die dorsalen Schuppenflecken (Fig. 27 a) mit der dunkelbraunen und sehr kurzen Behaarung der Ventralseite zusammen; an vielen Orten wird letztere abgewetzt oder kommt gar nicht zur Entwicklung, so dass die ganze Endpartie der Luftwurzel kahl und schlüpfrig wird. Bald treten auf der dorsalen Seite auffallende weissliche Warzen auf; die ventrale Seite aber bleibt ein gutes Stück entlang glatt, oder ist in Folge der kurzen Behaarung — besonders zu Beginn der Entwicklung — sammtartig.

Aus genauerer Untersuchung geht hervor, dass die kurzhaarige Hülle der Ventralseite ihre Grenze auf beiden Seiten besitzt und zwar eine sehr scharfe; da aber die Haare überall gleich kurz sind, so ist die Demarkationslinie auf der Dorsalseite schon der grösseren Konformität wegen nicht so ins Auge fallend, als das im vorherigen Falle war. Nur die auf der dorsalen Seite befindlichen und zuvor erwähnten Warzen machen die Dorsiventralität der im Wasser lebenden Luftwurzeln auch für das freie Auge deutlicher. Die Wurzelhaube selbst ist im Vergleich zu jener der an freier Luft vegetierenden Luftwurzeln in allen Teilen reduziert; gar keinen Unterschied finden wir aber in der Form der Verdickungen ihrer periklinen Zellwände, höchstens den, dass hier die Dimensionen beträchtlich geringer sind, woraus wir vielleicht folgern könnten, dass die polsterartig verdickten Zellwandteile der an der Luft vegetierenden Wurzelhaube in gewisser Hinsicht als Wasserreservoire dienen. Dafür spricht auch noch der Umstand, dass im Bildungsheerde der Wurzelhaube die Zellen relativ weitlumig sind. Die ebenfalls charakteristische braune Schuppung (Taf. VI., Fig. 27 a) der Endpartie der im Wasser lebenden Luftwurzel waren wir geneigt der Analogie der äusseren Zeichnung gemäss mit den in Fig. 24 a anscheinend ähnlichen Gebilden zu identifizieren, obgleich schon morphologisch zwischen beiden ein grosser Unterschied besteht. Denn während im letzteren Falle Trichomschuppen die charakteristische Streifung der Wurzelspitze verursachen, so sind es bei der in Wasser lebenden Luftwurzel die „Kipfel"-artig sich aufwärtskrümmenden und später sich abschülfernden dunkelbraunen Zellen der Wurzelhaube (Taf. IX., Fig. 33 k).

Bei der Untersuchung von Schnittserien können wir sehen, dass die dem Protoderm benachbarten Zellreihen der Wurzelhaube bald wellenartige Bogen beschreiben; was sich zum Teil noch in der subprotodermalen ersten bis zweiten Zellreihe des Rindenparenchyms bemerken lässt (Fig. cit. e, r).

Die sich so bildenden Wellenberge üben einen entsprechenden Druck auf die absterbenden Zellreihen der Wurzelhaube aus, die in Folge dessen aufreissen, so dass 3 — 4 zellreihige Wurzelhaubenteile — wie die einzelnen Zellen an der Spitze der Wurzelhaube selbst — in kipfelartigen Stücken abgeworfen werden, beziehungsweise bei dem starken Wachstum des Rindenparenchyms sich

[1]) Aehnliche Erscheinungen sind mir auch experimentell hervorzurufen gelungen, als ich im botanischen Laboratorium, so auch im Gewächshause der kön. ungar. Universität zu Kolozsvár, die Luftwurzeln je einer Monstera in ein Aquarium (resp. Wasserbehälter) hineinwachsen liess (1898—900). So gelang es mir auch, an Enden stark beschädigte, sonst einfache Luftwurzeln in Begleitung von Lenticellen zur reichlichsten Verzweigung zu bringen.

Auf die Wurzeln der Landpflanzen ist das Wasser, wie wir wissen, von entgegengesetzter Wirkung, was aus den Beobachtungen J. Sachs [Ueber das Wachstum der Haupt- und Nebenwurzeln. — Arb. d. Botan. Instit. in Würzburg. Band I (1874) pag. 409], dann Schwarz [Die Wurzelhaare der Pflanzen. Untersuchungen aus d. botan. Instit. in Tübingen, Band I (1883) pag. 135], später J. Wacker's (l. c. pag. 77 et sequ.) ohne Zweifel hervorgeht.

immer mehr von einander entfernen (Fig. cit. k—k) und verkorken, obzwar Phloroglucin + Salzsäure auch etwas Lignin-Reaktion zeigt. Von Seiten der subepidermalen Zellreihen kommt der Druck immer mehr zur Geltung, zuletzt kommen die epidermoidalen Zellen in Folge des Aufreissens der letzten Wurzelhaubenzellreihe an die Oberfläche (Fig. cit. d_1).

Auf etwa 5 cm von der Wurzelspitze können auch diese nicht mehr widerstehen und auf den den Wellenbergen entsprechenden Höhenpunkten trennen sich auch die eigentümlich abgerundeten epidermoidalen Zellen von einander (Taf. VIII., Fig. 32 b—b). Diesem entsprechend trennen sich auch von den Zellen der zur Exodermis sich ausbildenden Zellreihe (Fig. cit. a—a) durch das Absterben von a_1 die mit a_2 bezeichneten von einander; dasselbe Schicksal erreicht auch einige periphere Zellreihen des Rindenparenchyms (siehe Taf. VII., Fig. 29 die über i i befindlichen Zellen).

In der Richtung der so entstandenen Oeffnung beginnen die darunter befindlichen Zellen sich radial zu strecken (Fig. cit. i i); bald entstehen intercellulare Luftgänge, die Zahl der radial gestreckten Rindenparenchymzellen vergrössert sich immer mehr; das Endresultat ist eine typisch gebaute Lenticelle.

Ihr charakteristisches Bild veranschaulicht Taf. IX., Fig. 34, wobei auch zu bemerken ist, dass sich durch die Bildung von späteren Querwänden radiale Zellreihen gebildet haben, die sich ebenfalls mehr oder weniger von einander trennen und so den Zutritt freier Luft ermöglichen.

Im Übrigen behalten — wie an einer konidialen Zellreihe — die unteren Endzellen ihre Teilungsfähigkeit relativ lange bei (Fig. cit. i, respekt. x); später bräunen sie sich und werden von der Oberfläche der Lenticelle in Fetzen abgeworfen (Fig. cit. r). Die Seitenwandung dieses „aerenchymartigen“ Gewebes[1]) der Lenticelle bilden die Lappen der zu Grunde gehenden epidermoidalen Zellen (Fig. cit. s), die sich stark bräunen, gänzlich deformieren und die unbestimmten Umrisse der Lenticelle bilden (Taf. VI., Fig. 24 b). Das peripherische Braunwerden der Lenticelle dehnt sich zum Teil auch auf die umgebenden Zellen aus, was um so auffallender ist, da die subepidermoidalen Zellen hyalin sind und die folgenden des Rindenparenchyms Chloroplasten enthalten.

Die Entwicklungsfolge der Lenticellen hält bei weitem nicht mit derjenigen der übrigen Teile der Luftwurzel gleichen Schritt. Darunter verstehe ich, dass sich an der Oberfläche der Luftwurzel oft in verschiedenen Entwicklungsstadien stehende Lenticellen neben einander anhäufen, als Zeichen, dass jene von einander unabhängige sekundäre Gebilde sind, welche — natürlich weder in der physiologischen noch morphologischen Bedeutung des Wortes — gleichsam an Stelle der hier fehlenden Trichomschuppen auftreten. Die letztgenannten Gebilde sind hier, wo Wasserreichtum herrscht, nicht notwendig; im Gegenteil: für Durchlüftungsapparate muss die Luftwurzel Sorge tragen. Ihre Bildung ist — meiner Ansicht nach — ausschliesslich an das Wasser gebunden.[2])

Vollständig entwickelte Lenticellen kann man beobachten, ohne dass in den subepidermalen Zellreihen phellogenartige Zellteilungen vorausgegangen wären (Taf. IX., Fig. 34 e, e). Sie sind auch nichts anderes, als aus dem Rindenparenchym sich primär entwickelnde und lenticellenartige „aerenchymatische“ Wucherungen, durch die ohne grossen Druck Luft durchgepresst werden kann.

Nach Schenck beschäftigte sich auch v. Tubeuf mit den lenticellenartigen Wucherungen der Holzgewächse (Aerenchym).[3]) Durch seine Untersuchungen ist bekannt, dass Holzgewächse, deren

[1]) H. Schenck, Ueber das Aerenchym, ein dem Kork homologes Gewebe bei Sumpfpflanzen. Tafel XXIII—VIII. (Bonn, Botan. Institut der Univ. Sommer 1888.) In Pringsheim: Jahrb. für wiss. Bot. Band XX. (1889) pag. 526 et sequ.

[2]) H. Schenck, l. c. pag. 527. — Siehe auch die Bemerkung pag. 30, sub [1]).

[3]) Tubeuf, C. von, Ueber Lenticellen-Wucherungen (Aerenchym) an Holzgewächsen (Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift 1898, p. 405—414). Ich kenne sie nur aus dem im Botan. Centralblatt, Band (1899) LXXVII, pag. 369—70 erschienenen Hannig'schen (Strassburg) Referat, denn die genannte Zeitschrift stand mir nicht zur Verfügung

natürlicher Standort feucht ist, oder von Zeit zu Zeit überschwemmt wird, an ihren im Wasser oder nahe daran befindlichen Lenticellen sehr auffallende, aus weissglänzendem aerenchymartigem Gewebe bestehende Wucherungen zeigen, die wir auch bei Monstera acuminata wahrnehmen konnten. Aehnliche Erscheinungen können auch experimentell hervorgerufen werden.[1])

Bekanntlich verdanken wir nach der auch noch heute sehr wertvollen, die Lenticellen behandelnden Dissertation H. v. Mohl's, sowie nach Unger's, des einstigen Grazer Professors, Beobachtungen, den grössten Teil unserer einschlägigen Kenntnisse E. Stahl's Untersuchungen. Während Mohl bei den Vertretern der Monocotyledonen Lenticellen nicht kannte,[2]) obzwar er sich auch mit den Luftwurzeln derselben beschäftigte,[3]) erwähnt Stahl[4]) „ähnliche Organisation zeigende Peridermdurchbrechungen“ bei Dracontium pertusum L. (= Monstera pertusa de Vriese).

Bei Lierau findet sich hierauf bezüglich keine Angabe, obgleich gerade die seinen Untersuchungen zu Grunde liegenden Berliner Kulturen auch Weisse[5]) bei seinen über die Lenticellen der Araceen angestellten Untersuchungen dienten.

Seine Untersuchungen dehnen sich unter anderem auch auf die Lenticellen der Luftwurzeln von Monstera deliciosa Liebm. aus. Aus seinen einschlägigen Auseinandersetzungen geht hervor, dass ausser der obigen Monstera früher schon J. C. Costerus an den Luftwurzeln von M. pertusa de Vriese und M. dilacerata C. Koch — bei anderen Aroiden- (besonders Philodendron-) Arten aber O. L. Müller — ähnliche Lenticellen beobachteten.[6])

[1]) A. Wieler, Die Funktion der Pneumathoden u. des Aerenchyms. — In Pringsheim: Jahrb. f. wiss. Bot. Band (1898) XXXII, pag. 516—17. Taf. VII., Fig. 3. — Siehe auch die Bemerkung pag. 30, sub [1]).

Schon an dieser Stelle halte ich es für erwähnenswert, dass sich an den Atemwurzeln der in Wasserkultur gezogenen Phönix reclinata (von der ich bald unten sprechen werde) Pneumathoden entwickelten, welche sich kaum von jenen Pneumathoden unterschieden, welche Jost l. c. an den sogenannten aërotropischen Wurzeln derselben Phönix zuerst wahrnahm. [Siehe diesbezüglich A. Wieler, l. c. p. 505 u. Botan. Centralbl. Band (1899) LXXVII, pag. 166. (Refer. Möbius, Frankf. a. M.)]

Dieser Umstand ist um so bemerkenswerter, als die Pneumathoden bei Phönix offenkundig als Vertreter der Lenticellen auftreten. Bekannter Weise hat man bis jetzt an den Wurzeln (und Stengeln) der Palmen und Pandanus-Arten gar keine Lenticellen beobachtet (A. Weisse, Lenticellen und verwandte Durchlüftungseinrichtungen bei Monocotylen l. c. pag. 317).

[2]) Untersuchungen über die Lenticellen (Diss. vom Jahre 1836). In H. v. Mohl: Verm. Schriften botan. Inhalts. Tübingen 1845. pag. 239.

[3]) Vanilla planifolia, l. c. pag. 241.

[4]) E. Stahl, Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Lenticellen. Botan. Zeitung, Jahrgang (1873) XXXI, pag. 616.

Dass an den Luftwurzeln von Monstera auch Lenticellen vorkommen können, ist leicht verständlich, da sie in vorgeschrittenem Stadium oft von einer Korkschicht bedeckt werden (Lierau, l. c. Taf. I., Fig. 8 k). Auch ist es bekannt, dass sich Lenticellen im Allgemeinen nur dann bilden können, wann früher oder später Kork die Epidermis ersetzt. In dieser Hinsicht bildet also auch Monstera keine Ausnahme.

[5]) A. Weisse, Ueber Lenticellen u. verwandte Durchlüftungseinrichtungen bei Monocotylen. Mit Taf. XIII. — Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. Bnd. (1897) XV. Heft 5, pag. 305.

[6]) Jan Constantijn Costerus (Het wezen der Lenticellen en hare verspreiding in het plantenrijk. Acad. Proefschrift. Utrecht 1875. — Sur la nature des Lenticelles et leur distribution dans le règne végétal. Archives néerlandaises d. sciences exactes et naturelles. Tom. (1875) X., p. 385—400) und bald darauf O. L. Müller (Beiträge zur Kenntnis d. Entwicklungsgeschichte u. Verbreitung der Lenticellen. Inaug.-Diss. d. Univ. Leipzig; — Kaschau, 1877) beschäftigten sich eingehender mit den auf den Araceen-Luftwurzeln vorkommenden Lenticellen. Ich bedaure, dass die Dissertationen der beiden letztgenannten Autoren mir nicht zur Verfügung standen, ebenfalls jene Angabe Klebahn's nicht, welche sich gerade auf Monst. deliciosa Liebm. (= Philodendron pertusum Kunth et Bouché) bezieht (Jenaische Zeitschrift f. Naturw. XVII. 1884. p. 560), welche nach Weisse die hier bezughabenden Angaben Costerus' und Müllers in Allem bestätigt; folglich beschäftigte sich auch Weisse damit, l. c. (p. 305—310).

Die Angaben von Costerus, Müller, sowie Weisse beziehen sich aber nur auf die Lenticellen der unter normalen Lebensverhältnissen lebenden Luftwurzeln; dass sich auch auf in Wasser lebenden Luftwurzeln ähnliche Gebilde entwickeln könnten, dafür findet sich bei ihnen keine Angabe. Ihre Bestimmung, die Weisse eingehend behandelt, kann nur dieselbe sein, nicht aber der Gang ihrer Entwickelung.[1])

Darin gleichen sich beide, dass an der Bildung ihres aerenchymatischen Gewebes die tiefer liegenden Rindenparenchymzellen auch Teil nehmen, weichen aber in der Hinsicht von einander ab, dass von den „eigentümlichen Zwischenstreifen" der Lenticellen von M. deliciosa sich bei M. acuminata keine Spur findet (Weisse, Taf. XIII., Fig. 1 und A. Richter, Taf. IX., Fig. 34); die Letzteren wären sogar — der Figur nach — mehr mit einer Lenticelle von Dracaena frutescens zu vergleichen (Weisse, l. c. Fig. 6 und A. Richter, Taf. IX., Fig. 34). Dieses halte ich deshalb für bemerkenswert, weil zwischen den Stamm- und Luftwurzellenticellen der M. deliciosa gar kein Unterschied besteht.[2])

Den in Rede stehenden Pneumathoden von M. acuminata stehen jene von Avicennia officinalis L. am nächsten, an deren Athemwurzeln Göbel[3]) auf Java eigentümlich gebaute „Lenticellen" antraf; denn diese unterbrechen ebenfalls die Korkhülle der Luftwurzel. Über eine ähnliche Erscheinung schreibt auch H. Schenck in seiner Studie[4]) über die sich aus dem Schlamme erhebenden aërotropischen Luftwurzeln von Avicennia tomentosa und Laguncularia racemosa.

Von den entwickelungsgeschichtlichen Verhältnissen abgesehen unterscheiden sich die Lenticellen von Avicennia und Monstera acuminata schon durch den Inhalt ihrer „Füllzellen" von einander, indem ich bei letzterer von ölartigen und stark lichtbrechenden Secreten keine Spur gefunden habe. In der erwähnten Arbeit Schenck's findet sich keine nähere Angabe über die Lenticellen von Laguncularia und zuletzt kann ich nur noch soviel erwähnen, dass, was im Sinne der Arbeit Schenck's den „ausgesprochenen Dimorphismus der Luftwurzeln" betrifft,[5]) Laguncularia, Sonneratia und Avicennia auch mit Monstera acuminata übereinstimmen. Die biologische Bedeutung der im Wasser lebenden Luftwurzeln der letzteren kann ich nicht auseinandersetzen, da es fraglich ist, ob diese Wurzeln eine auch in der ursprünglichen Heimat der Pflanze (Monstera acuminata) vorkommende natürliche Erscheinung sind und nicht ein durch den Zufall hervorgebrachtes Kulturprodukt. Denn es steht fest, dass in der reichen Litteratur über die Aroideen wenigstens meines Wissens von einer ähnlichen Erscheinung keine Rede ist.

Soviel ist wahrscheinlich, dass auch die in Rede stehenden Lenticellen von Monstera nur Respirationsorgane in dem Sinne sind, in welchem sie nach du Hamel du Monceau's Vorgang Meyen, Schleiden, Stahl u. s. w., zuletzt Haberlandt[6]) und für Monstera A. Weisse[7]) aufgefasst, beziehungs-

[1]) Vergl. Weisse, l. c. Taf. XIII., Fig. 1 auf M. deliciosa bezügliche Zeichnung und Beschreibung mit meinen entwickelungsgeschichtlichen Angaben und Taf. IX., Fig. 34.

[2]) A. Weisse, l. c. pag. 308.

[3]) Über die Luftwurzeln von Sonneratia. — Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch., Jahrg. IV. (1886), pag. 252—3. — „Besonders eigentümlich sieht es aus, wenn ein Baum einzeln im Sumpfe steht und rings um ihn die auch hier massenhaft auftretenden, dünnen Spargelstielen ähnlich aufstrebenden Luftwurzeln aus dem Wasser, resp. Schlamm hervorragen."

[4]) H. Schenck, Über die Luftwurzeln von Avicennia tomentosa und Laguncularia racemosa. Hiezu Taf. III. — Flora, Jahrg. 72. (1889), pag. 83.

[5]) H. Schenck, l. c. pag. 87. Eigentlich müssten wir bei Monstera acuminata von Trimorphismus reden, nämlich 1. von Haftwurzeln, 2. von zweierlei Arten der Nährwurzeln, die in freier Luft, beziehungsweise in Wasser vegetieren.

[6]) G. Haberlandt, Beiträge zur Kenntnis der Lenticellen. — Sitzungsber. der Math.-Naturw. Kl. d. k. Akad Wien. Band LXXII. (1875), I. Abteil., pag. 182.

[7]) A. Weisse, l. c. pag 308.

weise als solche nachgewiesen haben. Auch das ist wohl gewiss, dass das umgebende Medium, hier das Wasser, ohne Mitwirkung von Pneumathoden das Sauerstoffbedürfnis der Luftwurzel nicht befriedigen könnte.

Ich habe schon erwähnt, dass das Wasser auf die Entwickelung der Luftwurzel von keinem retardierenden Einflusse ist. Schon Jost erwähnt (l. c. pag. 637), dass eine Luftwurzel eines Exemplars von Luffa amara Roxb., — welches neben einem Aquarium des Strassburger botanischen Gartens zahlreiche Luftwurzeln entwickelte, — ins Wasser gelangte und ein rapides Wachstum von täglich 4 cm erreichte, darauf unter dem Wasserspiegel ein schwimmendes und stark verzweigtes Wurzelsystem entwickelte.[1]) Gleichfalls bei Jost kann man, l. c. pag. 639, lesen, dass ein Cissus im Victoriahause zu Karlsruhe ganz ähnlich wie die eben beschriebene Luffa lange Luftwurzeln bildete; kamen diese ins Wasser, so verzweigten sie sich ausserordentlich reich, ja sie bildeten sogar an stärkeren Teilen ganz normale Lenticellen unter Wasser, die durch Aufquellen ihrer Füllzellen sehr gross erschienen. Anatomisch aber findet sich — nach Jost — zwischen den in den zwei Medien (Luft und Wasser) wachsenden zwei Wurzelarten kein weiterer Unterschied.

Es sind dies Beispiele, mit denen sich auch H. Schenck in seiner das Aerenchym betreffenden Abhandlung beschäftigt.[2])

Aus dem Gesagten ist zu ersehen, dass zu diesen bis jetzt bekannten beiden Beispielen Monstera acuminata als drittes tritt, das in Vergleich zu Luffa und Cissus vielleicht um so auffallender ist, als zwischen ihren in Luft und Wasser lebenden Wurzelarten der Unterschied auch anatomisch ein grosser ist.

An der im Wasser lebenden Hauptwurzel treten in einer Entfernung von einigen dem. im Vergleich zur Hauptachse bedeutend dünnere Seitenwurzeln konzentrisch und in grosser Zahl auf; auch die Lenticellen sind ringsum gleichmässig verteilt.

Die Konzentrizität der Hauptwurzel gewinnt auch in der inneren Gewebestruktur dadurch Ausdruck, dass von einem dorsalen sklerenchymatischen Korke, — wie bei der an freier Luft lebenden Luftwurzel (Taf. VIII., Fig. 31 d) — keine Spur vorhanden ist.

Das Phellogen bildet bis zum Ende ein aus dünnwandigen Korkzellen bestehendes konzentrisches Periderm, dessen Aufgabe es ist, der Luftwurzel durch seine Impermeabilität gerade gegen die aus dem Wasserreichtum entstehenden Schäden zum Schutze zu gereichen.

Die Wurzelhaube der ebenfalls konzentrisch gebauten Nebenwurzeln ist natürlich reduzierter, kaum aus 3—4 Zellreihen bestehend, so dass darunter bald die säulenartig gestreckten Zellen des Protoderms hervortreten. Einige der sich sehr schnell bräunenden epidermoidalen Zellen wachsen zu einzelligen, an den Enden abgerundeten, dünnwandigen und mit braunen Pigmentkörnchen gefüllten ansehnlich langen Wurzelhaaren aus; unter diesen ist die später zur Exodermis sich entwickelnde Zellreihe noch farblos und nur in den darauf folgenden Zellreihen bildet sich etwas Chlorophyll (Taf. X., Fig. 35 und 36).

Nachdem die Wurzelhaare zu Grunde gegangen sind, bildet sich in den subexodermalen Zellreihen Phellogen (Fig. 36 o), dessen Produkt dann ein aus 1—2 Zellreihen und dünnwandigen Zellen bestehendes konzentrisches Periderma ist, wie an der Hauptachse.

Das Auftreten von Wurzelhaaren an im Wasser lebenden Luftwurzeln bestätigt, dass F. Schwarz den Einfluss der atmosphärischen Feuchtigkeit auf die Bildung von Wurzelhaaren an Luftwurzeln richtig

[1]) Über meine einschlägigen Versuche, welche auf Beobachtung von länger dauernden vegetationalen Perioden beruhen, werde ich bei einer späteren Gelegenheit Bericht erstatten.

[2]) Jahrbücher für wiss. Botan., XX. (1889), pag. 570.

erkannte, wie aus folgender Stelle bei Schwarz hervorgeht: „(Die Luftwurzeln) produzieren in mässig feuchter Luft keine Haare; sobald man sie jedoch in einen mit Wasserdampf erfüllten Raum leitet, bedeckt sich der ganze apikale Teil der Wurzeln dicht mit Haaren, ebenso verhält es sich, wenn man die Wurzeln in Wasser oder in Erde wachsen lässt".[1])

Bei Tinktions-Versuchen ist weiter die Differenzierung und das Verhalten einzelner Gewebe dieser Seitenäste der Hauptachse gegenüber charakteristisch.

Mit Saffranin-Haematoxylin sieht man auf dem Querschnitte der Hauptwurzel nur an den Lenticellen und der verkorkten peripherischen Zellschicht eine etwas blassrote Färbung; die übrigen Gewebe verändern sich bemerkbar nicht. Charakteristischer ist das durch Anwendung von Cyanin-Eosin erhaltene Bild; ausser den gebräunten peripherischen und lenticellaren Zellen — welche sich in Schwefelsäure gar nicht (in Chromsäure nur nach längerer Zeit) lösen — und den blau gefärbten primären Gefässen sind die übrigen Gewebe der Luftwurzel alle intensiv rosa gefärbt, was wenigstens das bedeutet, dass die Hauptachse der im Wasser lebenden Luftwurzeln — an der ich auch keine Entwickelung einer Sklerenchymscheide beobachtet habe — diejenige ist, bei der die Verholzung und damit in Verbindung die Zellwandverdickungen auf ein Minimum reduziert worden sind, was ja der Natur der „Nähr-Luftwurzel" entspricht.

Auffallend andere Verhältnisse finden wir bei den aus derselben sich entwickelnden Seitenwurzeln, bei denen auch die fehlenden mechanischen Elemente der Hauptachse durch die Sklerenchymhülle und den zweifellos verholzten zentralen Strang des Zentralcylinders ersetzt werden, welch letzterer auch die primären Gefässe so zusammenfasst, wie bei einer Kletterwurzel.[2]) Mit Saffranin-Haematoxylin werden auch die subepidermalen und zum Teil die epidermoidalen Zellen intensive rosenrot, die übrigen Elemente der Seitenwurzel aber samt den Wurzelhaaren intensiv violettblau gefärbt.

Aus dem Vorgebrachten geht hervor, dass zwischen den an freier Luft und im Wasser kultivierten Nährwurzeln neben den sich gleichenden Zügen doch der Unterschied grösser ist, was aber doch zuletzt nichts anderes ist, als die natürliche Folge der veränderten Lebensverhältnisse, vor allem aber ein charakteristisches Beispiel zweckmässiger Anpassung an verschiedene Medien.

Phoenix reclinata Jacqu.

Bei den in botanischen Gärten in Kübeln kultivierten und selbst bei den in freier Natur lebenden Palmen ist es eine bekannte Erscheinung, dass sich aus dem Erdboden um den Stamm herum Gebilde entwickeln, die aërotropisch (negativ-geotropisch: Goebel) sich verhaltende, also nach aufwärts wachsende Nebenäste des Palmenwurzelsystems sind. Von solchen spricht auch nebenbei Goebel[3]) am Schlusse seiner zitierten Arbeit, sich auf seine an den Palmen von Buitenzorg, sowie an der Phoenix reclinata des Rostocker botanischen Gartens gemachten Erfahrungen berufend. Später beschäftigte sich L. Jost (l. c.) mit der Untersuchung dieser Palmenwurzeln; er wies ihren Aërotropismus nach und studierte sehr sorgfältig die an ihnen auftretenden Pneumathoden. Ich selbst habe das sehr lehrreiche Exemplar von Ph. reclinata des Grazer botanischen Gartens in den Kreis meiner Untersuchungen gezogen.

—

[1]) F. Schwarz, Die Wurzelhaare der Pflanzen. Unters. a. d. botan. Instit. zu Tübingen, Band I., Heft 2. (1883) pag. 154. — Went, l. c. pag. 12.

[2]) Z. B. Went, l. c. Pl. V., Fig. 11 b.

[3]) K. Goebel, Ueber die Luftwurzeln von Sonneratia. Ber. d. deutsch Bot. Gesellsch., Jahrg. IV. (1886), pag. 235. Siehe noch:

L. Jost, Ein Beitrag zur Kenntnis der Athmungsorgane der Pflanzen. Botan. Ztg., Jahrg. 45. (1887), pag. 621 — und die an dieser Stelle erwähnte Beobachtung des Prof. Gr. von Solms-Laubach.

Um den Stamm treten im Allgemeinen gelbliche, oft graugrüne, aërophile Nebenwurzeln auf, deren Habitus so gestaltet ist, als ob sie kleine Hutpilze wären (Taf. X., Fig. 37).[1])

Ihre Wurzelhaube ist schwarzbraun, einige Fetzen aber, an der Oberfläche der Luftwurzel fest anhaftend, bilden oft eigentümliche, rötlich-gelbe Flecken (Fig. cit. A, vr.), bald kleine strichartige Musterungen (Fig. cit. B, a).

Wenn wir einen solchen, überaus dünnen, hautartigen Fetzen in der Oberflächenansicht untersuchen, so können wir den lückenlosen Zusammenhang der Zellen beobachten. An den Zellwänden der in Rede stehenden Fetzen sind die für die Wurzelhaube charakteristischen Zellwandverdickungen nicht mehr sichtbar, sie geben auch keine Lignin-Reaktion, dafür widerstehen sie längere Zeit der Schwefelsäure, zum Zeichen ihrer Verkorkung. So zeigen sie mit den von der Wurzelhaube selbst sich abtrennenden Fetzen mikrochemisch ein identisches Verhalten.

Auf Taf. X., Fig. 37 habe ich die Haupttypen der aërophilen Nebenluftwurzeln in ihrem natürlichen Habitus in natürlicher Grösse dargestellt. Die häufigste ist von diesen die Form a, seltener c, deren fast schwarz glänzender Spitzenteil dem freien Auge so erscheint, wie wenn er mit der Epidermis der Luftwurzel kontinuierlich zusammenhinge. Thatsächlich ist er aber nichts anderes, als eine aus etwa 8 Zellreihen bestehende Schicht der schwächer entwickelten Wurzelhaube einer ihr Wachstum sistierenden Luftwurzel, deren auf ein bis zwei Zellen sich ausdehnende Fetzen nur unter dem Mikroskope sichtbar sind; im übrigen aber legen sie sich fest an den Wurzelkegel an. Die, um sie so zu benennen, normale Gestalt der aërophilen Wurzeläste bei Phoenix reclinata zeigt Fig. 37 A.

Die Haube kann man im Verhältnis zum Wurzelkörper gut entwickelt nennen (Fig. cit. v); sie besteht von ihrem meristematischen Zentrum bis zur Spitze aus etwa 50 Zellreihen; ihre äussersten Endzellen sind zapfenartig verlängert, mit ihren Spitzen nach vorne gestreckt und mit einem rötlich-gelben gerbstoffartigen Stoffe gefüllt.

Im Allgemeinen kommen in Betreff der Wurzelbildung viele mit Pandanus gemeinsame Züge vor. Die Verdickungsform der Wurzelhaubenzellen z. B. ist — ähnlich wie bei Pandanus — die getüpfelte; eine kleine Abweichung zwischen beiden macht sich nur dadurch bemerkbar, dass, während auch die schrägen Wände der prosenchymatisch gestreckten Wurzelhaubenzellen bei Pandanus sich verdicken (Taf. XII., Fig. 53 x), die sekundären Querwände aber dünn bleiben (Fig. cit. f) — bei Phoenix die lateralen Zellen der Wurzelhaube sich mehr nach Art der Korkzellen aneinanderfügen und ihre Wände im vorgeschrittenen Stadium ohne Ausnahme (sogar die sekundär gebildeten [Taf. XI., Fig. 41 f]) verdickt sind.

Seitwärts verringert sich die Zahl der Zellreihen der Wurzelhaube allmälig, wobei dieselben sämtlich verdickte Wände erhalten. Dort, wo die Wandverdickung der dem Protoderm benachbarten Zellreihen beginnt (Fig. 41 r_1), nimmt auch bald die Verdickung der protodermalen Zellen (Fig. 41 d_1), und noch etwas mehr rückwärts auch die der subprotodermalen Zellreihe (Fig. 41 s) ihren Anfang.

[1]) An der Spitze der aërotropischen Luftwurzel, beziehungsweise unter der Wurzelhaube habe auch ich weissliche mehlige Stellen — welche Jost l. c. als Pneumathoden beschrieb — an der Phoenix des Kolozsvárer botanischen Gartens beobachtet (Taf. X., Fig. 37 I. II. pn). Ich lasse ihre eingehendere Beschreibung bei Seite, da sie so wie so aus den Untersuchungen von Jost l. c., später von A. Wieler (l. c. pag. 503 et sequ. Refer. in Bot. Centr.-Bl. LXXVII. [1899] Band, pag. 166 von Möbius) genügend bekannt ist. Dass diese biologisch den Lenticellen entsprechen, darin stimmen H. Schenck (Ueber das Aerenchym, 1889, l. c. pag. 570) und auch A. Weisse, l. c. pag. 317 überein. Ich möchte hiezu blos bemerken, dass solche Wurzeln insofern sie zur Entwickelung gelangen (da ich bei mehreren Phoenix gar keine aërotropische Luftwurzeln gefunden habe) gewöhnlich etwas entfernter vom Stamme, in relativer grösserer Zahl gegen die Peripherie des Kübels zu auftreten; an den in der Nähe des Stammes sich entwickelnden aërophilen Nebenwurzeln aber bleibt die Bildung ähnlicher „mehliger Flecken" gewöhnlich aus. Wenigstens habe ich dies an den Kolozsvárer Phoenix-Exemplaren gesehen

In derselben Reihenfolge tritt auch die Verholzung der Zellwände ein (Fig. 41 1—1) und zwar zuerst in den Mittellamellen. Die entwickelten Wurzelhaubenzellen sind ausserdem mit einem eigenen (ob Kork?) Häutchen ausgekleidet, welches auch nach der Phloroglucin-Salzsäure-Reaktion durch seine gelbe Farbe von den übrigen verholzten Teilen der Zelle absticht (Fig. 41 k).

Das Abblättern der Zellreihen bei der Wurzelhaube beginnt schon an ihrer Spitze, im Gegensatze zu Pandanus, wo die seitwärts sich abtrennenden „Schuppen" an der Spitze mit einander in beständiger Verbindung stehende Kappen bilden (Taf. XII., Fig. 51 e).

Die Art der blätterigen Abtrennung erinnert übrigens an Pandanus, mit der Abweichung, dass die bei Pandanus charakteristische „besondere Trennungsschicht" sich bei der Wurzelhaube von Phoenix nicht entwickelt und die Trennung der meistenteils nur aus 3—6 Zellreihen bestehenden „Schuppen" von einander nur durch das Aufreissen einer einzigen Zellreihe (vielleicht durch Verwittern der [tangentialen] Mittellamellen) geschieht.

Eigentümlich ist, dass während die mit der Wurzel noch zusammenhängenden und im ersten Stadium der Abtrennung stehenden Platten der Wurzelhaube starke Lignin-Reaktion zeigen, — die peripherischen, öfter aus vollständig kollabierten Zellen bestehenden Fetzen selbst mit Phloroglucin-Salzsäure behandelt — offenbar in Folge einer später eingetretenen chemischen Umwandlung — eine lebhaft gelbe Farbe annehmen.

Mit Chromsäure bekommen wir hiezu parallele Resultate; unter direktem Einwirken (etwa 12 Stunden lang), verschwinden alle jene Teile, welche scharfe Lignin-Reaktion zeigen; es bleiben aber die letzt erwähnten und an Gerbsäure reichen, auch der Schwefelsäure widerstehenden, also offenkundig später verkorkten peripherischen Zellreihen übrig.

Es ist erwähnenswert, dass zwischen den Zellen der Wurzelhaube der starken Lichtbrechung wegen auffallende mit eigentümlichem Inhalte gefüllte rundliche Zellen wahrzunehmen sind, welche mit Kalisalpeter schwache Plasmolyse zeigen; ihr dickflüssiger Inhalt ist weder in Alkohol, noch in Aether löslich. Ähnliche, der Achse entlang etwas gestreckte Zellen kann man auch im Gewebe der Rinde wahrnehmen; ebenso finden sich den mit Gerbstoff gefüllten gelben bis orangegelben Zellen der Wurzelhaube sowohl inhaltlich, als auch der Farbe nach ähnliche in der Rinde, sowie auch in deren sklerenchymatischer Partie, wo die Verdickungsformen der Zellen gleich jenen der Wurzelhaube sind.

Ihr Inhalt wird mit Eisenchlorid schmutzig und dunkel blaugrün, mit Chlorzinkjod aber dunkelviolett.

Charakteristisch ist das Verhalten des Protoderms, sowohl vom Standpunkte der morphologischen Verhältnisse der Zellen, als auch von dem der chemischen Umwandelung der Membransubstanz. Den Faden der Abhandlung müssen wir diesbezüglich bei Punkt 1. der Taf. XI., Fig. 41 wieder aufnehmen, dort wo, wie wir aus dem Vorhergesagten schon wissen, die beginnende Verdickung der Zellen der Wurzelhaube, des Protoderms und des Rindenparenchyms gegen die Basis zu in der Richtung einer schiefen Linie erfolgt (Fig. cit. 1–1–1–1–1).

Zwei bis drei laterale Zellreihen der Wurzelhaube bilden eine fast vollständig unversehrte und der Seite der Wurzel fest anliegende Schicht, während die säulenartig gestreckten und schmalen sonst schnell verholzenden Zellen sich an den der Peripherie zu liegenden periklinen Wänden, überaus rasch verdicken. (Taf. XI., Fig. 42 d_1) und — obgleich sich die durchschnittliche Breite der protodermalen Zellen zunächst nicht bemerkbar verändert — schon in der dritten Zelle das grösste Maas der erwähnten Wandverdickung erreichen (Fig. cit. 3), ohne dass diese verholzten periklinen Wandverdickungen die weitere Entwickelung der Zelle (besonders die grössere Zunahme in den drei Richtungen) beziehungsweise die Umwandlung zur Epidermis verhindern würden.

Aus dem Vergleich der protodermalen Zellreihe in letzterwähnter Figur mit der hieraus sich entwickelnden Epidermis (Taf. XII., Fig. 47) geht alles dies deutlich hervor; es ist hier auch zu sehen,

dass die unmittelbar mit der Atmosphäre in Berührung stehenden periklinen Wände der epidermalen Zellen mit einer ansehnlich dicken Cuticula versehen sind; die ganz verholzten und auffallenden periklinen Wandverdickungen greifen aber auch auf die antiklinen Wände über (Taf. XI., Fig. 43—44 c und Taf. XII., Fig. 47).

Man kann es nicht unerwähnt lassen, dass zwischen den epidermalen Zellen schizogene kleinere, bald grössere intercellulare Lücken oder Spalten entstehen. Die ursprünglich miteinander in festem Zusammenhange stehenden epidermalen Zellen trennen sich von einander (Taf. XI., Fig. 44 o) und es entsteht eine Luftlücke, welche einige Zeit lang die offenbar sehr dehnsame Cuticula bedeckt (Fig. 44 c_1); später reisst auch diese auf und es entsteht eine geöffnete Lücke, welche in Folge der fortgesetzten Trennung der subepidermalen Zellen oft tief in die sklerenchymatische Rinde der Luftwurzel eindringt (Taf. X., Fig. 39 x). Nach meiner Auffassung gehören auch diese Spalten in die Kategorie der Pneumathoden und haben die Aufgabe, für die Durchlüftung der Athemwurzel Sorge zu tragen. Denn ich habe sie gerade an solchen Luftwurzeln beobachtet, an denen Jost'sche Pneumathoden (Taf. X., Fig. 37 I. II. pn) gar nicht vorkommen.

Die sich von einander trennenden, auf jeden Fall passive verhaltenden epidermalen Zellen erinnern entfernt an die Schliesszellen der Spaltöffnungen, besonders dann, wenn wir deren Lumen mit rundlichen und lebhaft grünen chlorophyllhaltigen Körperchen gefüllt sehen (Taf. X., Fig. 39 o). Übrigens ist jede Täuschung ausgeschlossen, wenn man aus dem grün gestrichelten Teile der aërophilen Luftwurzel gemachte Flächenschnitte prüft; man sieht dann sofort, dass diese Pneumathoden oft durch Trennung zahlreicher epidermaler Zellen entstandene, oft ansehnlich lange — und wie ich erwähnte — in die Rinde eindringende Risse sind, welche von einzelligen Algen fast ganz erfüllt werden; sehr oft dringen letztere auch in das Lumen der Zellen ein (Taf. X., Fig. 40 a). Diese Algen gelangen auf diese Weise auch in solche epidermale Zellen, welche mit der Pneumathoden-Lücke nicht unmittelbar benachbart sind (Fig. cit. b); sie finden hier für ihre ungehinderte Weiterentwickelung eine sehr geschützte Stätte. Wenigstens spricht dafür z. B. auch der Umstand, dass diese einzelligen Organismen alle an der Oberfläche befindlichen, natürlich sekundär entstandenen Lücken der aërophilen Luftwurzel auszufüllen trachten; ihre Kolonien finden wir ebenso zwischen den Fetzen der Wurzelhaube, als in den entstandenen Lücken zwischen dem letzten Wurzelhaubenfetzen und der Epidermis (Taf. XI., Fig. 43 a).

Unter den subepidermalen 1—2 Zellreihen der in Rede stehenden aërophilen Athemwurzeln bildet sich bald ein oft aus getüpfelten und stark verdickten Zellen — Brachysklereïden[1]) bestehender breiter Ring (Taf. XI., Fig. 43 fg; Fig. 44 fg), der als kompakter und verstärkender Cylinder das aus bedeutend dünneren Zellwänden gebildete, durch radiale intercellulare Luftgänge gelockerte Parenchym umgiebt (Taf. XI., Fig., 43 g_1, ic). Im Stamme der Palmen, ebenfalls unter der Epidermis, ist dies eine durch H. v. Mohl's[2]) Untersuchungen bekannte Erscheinung.

Der ganze Sklerenchymring erscheint, mit Anilin-Saffranin-Haematoxylin (Zimmermann), Jod-Jodkali oder Chlorzinkjod behandelt, in seiner lebhaft roten, beziehungsweise gelben Farbe so, wie wenn er in seiner ganzen Dicke aus vollständig gleichartigen und aus derselben Substanz bestehenden Zellen zusammengesetzt wäre.

Bei Behandlung mit Phloroglucin-Salzsäure sehen wir aber, dass der Sklerenchymring sich in zwei von einander scharf unterscheidbare Ringschichten differenziert. Die eine, und zwar die äussere tritt durch ihre gelbe Farbe scharf hervor, nur ihre Mittellamellen zeigen Zeichen der Verholzung (Taf. XI., Fig. 43 f, Fig. 44 f resp. l); der hiemit in scharfem Gegensatze stehende innere Ringteil zeigt

[1]) „Kurze Sklerenchymelemente", De Bary, Vergl. Anatom. d. Veget. Org. pag. 134, § 29. — Botan. Zeitung, 1871. Taf. II., Fig. 22. — Jost, l. c. pag. 622.

[2]) H. v. Mohl, Verm. Schriften; l. c. pag. 129 et sequ. De Bary, l. c. pag. 135.

gerade in seiner ersten Zellreihe — welche in allen Teilen am intensivsten rosenrot gefärbt ist das Maximum der Verholzung[1]) (Fig. cit. r resp. g). Weiter nach innen zu dehnt sich — wie im äusseren Ringteile — die Lignifikation nur auf die Mittellamellen aus (Fig. 44 l).

Alles dieses tritt bei Anwendung von Jod-Jodkali und Schwefelsäure auf nicht weniger charakteristische Weise hervor und zwar so sehr, dass die Absonderung der beiden Zonen des Sklerenchymringes durch die Schärfe der Demarkations-Linie mit den Ergebnissen der Phloroglucin-Salzsäure-Reaktion wetteifert (Taf. XII., Fig. 48 r — Taf. XI., Fig. 43—44 r). Die Brachysklereïden der äusseren Zone nehmen scharf hervortretende zitronengelbe Färbung an, ebenso die Mittellamellen der Zellen der inneren Zone; orangegelb sind aber die Mittellamellen der äusseren, ein Zeichen der intensiven Lignifikation, während die innere Schale der Zellen der inneren Zone eine intensive, später ins schwarzblaue neigende Färbung annimmt (Fig. 48).

Die bei Anwendung von Chlorzinkjod erhaltene Reaktion ist schon nicht so charakteristisch, da von der Epidermis angefangen sich der ganze Sklerenchymring lebhaft zitronengelb färbte; nur die innere Schale in den Zellen der inneren Zone wies hie und da einige violett gefärbte Schattierungen auf, was aber an der gelben Farbe des inneren Ringteiles kaum etwas änderte. Um so mehr aber trat die intensiv violette Farbe des dünnwandigen Parenchyms hervor (Taf. XII., Fig. 49), was klar bewies, dass die innere Grenze des Sklerenchymringes um das dünnwandige Parenchym scharf gezogen ist und dass sowohl im Hinblicke auf das Maas der Zellwandverdickungen als auch auf die chemische Beschaffenheit der Zellwände der Übergang zwischen beiden nicht gerade ein stufenweiser genannt werden kann.

Alles dieses habe ich auch bei den aërophilen Luftwurzeln von Phoenix silvestris beobachtet, ebenso, dass unter den für sich allein gebrauchten Reagentien in Bleiessig gelöstes Ruthenium dasjenige ist, welches die Differenzierung des Sklerenchyms in die beiden Ringe — obgleich weniger scharf — auch selbst zum Ausdrucke bringt.

Bei der erwähnten Behandlung bleiben die äussere Zone des Sklerenchyms (f), die stark verdickten Zellwände der Endodermis, des Zentralcylinders und die Baststränge des dünnwandigen Parenchyms (Taf. XII., Fig. 49 b) unverändert; rosa wird aber die innere Zone des Sklerenchyms, das dünnwandige Parenchym, besonders intensiv das Leptom und der die weitlumigen Gefässe umgebende Parenchymring, weiter — was auffallend ist: bei Ph. silvestris — die stark dickwandige Epidermis gefärbt.

Für die starke Verholzung der Mittellamellen spricht übrigens jede Reaktion (Taf. XI., Fig. 44 l—l_1; Taf. XII., Fig. 48 l—l_1).

Ganz anders ist hingegen das Verhalten der inneren Schalen der Brachysklereïden, die Jost zusammen genommen als: „sekundäre Schale“ bezeichnet[2]) und die schwächer lichtbrechend dickwandig ist und nicht selten von Tüpfeln durchsetzt wird.

[1]) Ich will bemerken, dass wenn ich von Zellverholzungen spreche, ich mich auch nur auf die Farbeneffekte der bisher bekannten und gebräuchlichen mikrochemischen Reaktionen stützen kann. Dass das Verhalten der s. g. „Lignin-Reagentien“ gegen für verholzt geltende Zellen nicht immer dasselbe ist, kann man an den vorher besprochenen Beispielen wahrnehmen und — wie wir gleich sehen werden — auch am Sklerenchymringe von Phoenix erfahren. Es handelt sich hier eben um Erscheinungen, die den in Czapek's Abhandlung: Über der sogenannten Ligninreaktionen des Holzes (Zeitschr. f. physiolog. Chemie, Band XXVII. [1899] pp. 141—66. Nach Refer. d. Botan. Zentralbl. Band LXXIX. [1899], Jahrg. XX., pag. 126—8) vorgebrachten Anschauungen entsprechen.

Wenn ich im Laufe meiner Abhandlung von Lignifikation spreche, gebrauche ich dieses Wort im weiteren botanischen (nicht im chemischen) Sinne, woraus wieder folgt, dass es eine unentschiedene Frage bleibt, ob die so als verholzt bezeichnete Zelle „Hadromal“ (Czapek) enthält, oder nicht. Doch ist dieses bei feineren histologischen Untersuchungen nicht von grosser Wichtigkeit, wenigstens nicht beim heutigen Standtpunkte unseres Wissens, da nach Czapek's Untersuchungen aus einem Kilogramm Holz auch bei sorgfältigstem Vorgehen nur minimale Mengen „Hadromal“ zu gewinnen sind.

[2]) Jost, l. c. pag. 622.

Die innere Schale der Brachysklereïden besteht so zu sagen ausnahmslos aus zwei sich scharf von einander unterscheidenden Hauptschichten, d. h. aus einem in strengerem Sinne genommenen sekundären, und einem (hie und da dünneren oder dickern) tertiären Häutchen, die sich auch schon durch das Maas der Intensität ihrer Lichtbrechung unterscheiden (Taf. XI., Fig. 45 I. II, 1. 2). All' dieses ist leicht zu beobachten, auch schon deshalb, weil die sekundären und tertiären Schichten sich stellenweise von einander trennen; die so entstandenen Räume füllen sich mit Luft (Fig. cit. a). Die Differenzierung der inneren Schale in zwei Schichten verschwindet auch dann nicht, wenn sie nach längerer Behandlung mit Jod-Jodkali und Zusatz von Schwefelsäure aufquellen (Fig. 46).

Diese Erscheinung tritt besonders in der dem dünnwandigen Parenchym benachbarten (inneren) Schicht des Sklerenchymringes auf charakteristische Weise hervor (Taf. XII., Fig. 48 g).

In der That werden mit Chlorzinkjod oder Jod-Jodkali beide Schichten der inneren Schale der peripherischen Brachysklereïden zitronengelb, also in einer von der Mittellamelle scharf abweichenden Nuance gefärbt (Fig. 48 f); das aber, dass sie sich bei Anwendung von Jod und Schwefelsäure „nach kurzer Gelbfärbung quellend gelöst" [1]) hätten, habe ich auch bei den (sich bläuenden) Brachysklereïden der inneren Zone nicht beobachtet, wenigstens bei Phoenix reclinata und P. silvestris nicht. Im Gegenteil, die Wirkung der erwähnten (Jod-Jodkali-Schwefelsäure) Reaktion äusserte sich darin, dass die beiden inneren Schichten der Zelle sich in der äusseren Zone zitronengelb, in der inneren aber dementsprechend um so intensiver blau färbten (Fig. 45 I. II.) und darauf aufquollen, bei den letzteren in solchem Maasse (Taf. XII., Fig. 48 f g; Taf. XI.), dass das Zelllumen fast ganz verschwand.

Die so behandelten Präparate liess ich stundenlang unter dem Einflusse von Schwefelsäure; darauf in Wasser ausgewaschen, klärte ich sie längere Zeit in Glycerin. Das Resultat war, dass die innere Schale der Zelle (die blassgelb wurde) die Unterscheidung der beiden Häutchen deutlich zeigte, nicht aber, dass sie aufgelöst worden wäre (Taf. XI., Fig. 46).

Ein relativer Unterschied zwischen beiden Ringschichten besteht darin, dass die Grösse der Zellen und die Verdickungen der Zellwände verschieden sind: die Zellen der inneren Schicht sind etwas grösser und dickwandiger.

Wahrscheinlich kommt dieses auch bei anderen Phoenix-Arten vor, sogar am subepidermalen Sklerenchymringe des Stammes ist es zu konstatieren.

Die im dünnwandigen Parenchym sehr zahlreichen und radial gestreckten intercellularen Spalten sind zweifellos für die Durchlüftung der Wurzel von grosser Bedeutung (Fig. 43 ic). Der dadurch bewirkten Auflockerung des Rindenparenchyms wird aber durch die darin verstreuten dünneren oder dickeren, stark verholzten Baststränge stark das Gegengewicht gehalten (Fig. 43 st), deren mechanische Bedeutung bekannt ist; ihre Zellen werden von Stegmata begleitet.

Zwischen den Bastbündeln kommen auf dem Querschnittsbilde abgerundete Excretzellen vor (Taf. XI., Fig. 43 ex), deren weisser körniger Inhalt sich mit Phloroglucin-Salzsäure orangegelb färbt, deren Masse aber keineswegs aus Gerbsäure besteht (Taf. XI., Fig. 44 ex).

Die Schutzscheide (Endodermis) des Zentralcylinders bildet im Verhältnis zu den übrigen mechanischen Geweben der Wurzel einen ebenso stark verholzten Ring, dessen Zellen — mit Ausnahme der Durchlasszellen — an der inneren Seite die concaven Verdickungen zeigen (Russow's C-Scheite) und sich auch von dem blass bleibenden Ringe des darunter liegenden Pericykel's (Pericambium) scharf abgrenzen (Fig. 43 pc).

In dem polyarchen Gefässbündel alterniert das Hadrom mit dem Leptom gewöhnlich regelrecht (Fig. 43 l h) und nur hie und da verschmelzen einige Teile des Leptom miteinander, in welchen Fällen das Hadrom so zu sagen darin eingebettet ist.

[1]) Jost, l. c. pag. 623.

Die sehr weitlumigen und meistenteils einzeln vorkommenden (in der Peripherie des Zentralcylinders viel kleinlumigeren) Gefässe treten zwischen dem stark verdickten und verholztwandigen Libriform auf (Fig. 43gf, bl); nur die Wände des die Gefässe unmittelbar umgebenden Parenchymringes bleiben dünn und unverholzt (Fig. cit. p)[1]; dasselbe gilt auch für das zwischen den weitlumigen Gefässen unregelmässige Windungen bildende Markparenchym, in dem oft auch intercellulare Luftlücken vorkommen (Fig. cit. mp).

Pandanus utilis Bory.

(P. odoratissimus Jaqu. — non L.)[2]

Es ist bekannt, dass die Wurzelsysteme sowohl der Ficus-, als auch der Pandanus-Arten sich scharf von einander unterscheiden, je nachdem sie Boden-, oder Stütz- — (Stelzen) — Wurzeln sind.[3]

Mit dem Formenreichtum der Stelzenwurzeln von Pandanus macht uns Haberlandt bekannt.[4] Diese bilden schon ihres äusseren Habitus wegen eine typische Art der Luftwurzeln; stellenweise wachsen sie bis zu Armesdicke heran. Im Allgemeinen werden sie in grosser Zahl gebildet, worauf auch der gegen die Basis zu sich verdünnende Stamm sehr angewiesen ist.

Von der gelblich-braunen Farbe der cylindrischen und in jedem Teile konzentrisch gebauten Luftwurzel unterscheidet sich die dunkelbraune und nicht weniger mächtige Wurzelhaube augenfällig, weshalb sie auch in den Lehrbüchern gewöhnlich als Beispiel angeführt wird (Taf. XII., Fig. 50v); ihre verdickten kappenartigen Schuppen sind oft als eine ansehnliche Kappe, in einer Masse von dem Wurzelkörper abzuheben (Fig. 51), ohne dass wir den in Entwickelung begriffenen inneren Körper der Wurzelhaube — mit dem an der Spitze noch immer einige Schuppen zusammenhängen — empfindlich verletzen würden (Fig. 52).

Über die sich „abblätternde derbe Korkhaut“ der Luftwurzelspitze spricht auch Haberlandt.[5]

Sowohl diese, als auch der abhebbare Wurzelhaubenteil besteht aus abgestorbenen Zellen und besitzt hauptsächlich eine mechanische Funktion, thatsächlich ist das Ganze eine aus harten Schuppen gebildete Schutzhülle. Der innen bleibende und natürlich aus lebenden Zellen bestehende Spitzenteil der Wurzelhaube ist ansehnlich dick und besteht vom Vegetationszentrum bis zur Spitze gerechnet noch immer aus 80—85 Zellreihen (Fig. 52t).

Abgesehen vom Scheitel umgiebt die Wurzelhaube auch seitlich in beträchtlicher Länge die Spitze der Luftwurzel. An einem stark entwickelten Exemplar der Grazer Pflanze beobachtete ich eine 3 cm lange Wurzelhaube, deren abhebbare Kappe in zahlreiche pergamentartige Blätter teilbar war.

Die kappenartige Bildung, die blattartige Abtrennung der Schuppen der Wurzelhaube lässt im Allgemeinen auf eigentümliche Strukturverhältnisse schliessen.

Die tangential gestreckten Wurzelhaubenzellen — in denen das Vorkommen von Raphiden (Taf. XII., Fig. 53r) leicht zu konstatieren ist — schieben sich eine Zeit lang prosenchymatisch in einander und die getüpfelte Zellwandverdickung dehnt sich ohne Ausnahme auch auf die schiefen Wände aus (Fig. 53x); unverändert dünn bleiben aber die sekundär gebildeten radialen Wände der Wurzelhaube (Fig. cit. f). Obgleich die Verdickung der Wurzelhaubenzellwände schon im inneren Teile der

[1] Durch in Bleiessig gelöstes Ruthenium wird er, wie ich schon erwähnt habe (Ph. silvestris) lebhaft rosa gefärbt, was ebenfalls als ein Zeichen fehlender Verholzung anzusehen ist.

[2] Pandanus odoratissimus L. fil. Nomen delendum omnes fere tunc descriptas Pandani species amplectens. — H. Gr. de Solms-Laubach, Monogr Pandanacearum in Linnaea. Neue Folge VIII. (1878) pag. 77.

[3] A. F. W. Schimper, Epiphyt. Westindiens; l. c. pag. 285.

[4] G. Haberlandt, Botan. Tropenreise; pag. 68 et sequ.

[5] G Haberlandt, l. c. pag. 68.

Wurzelhaube, also früh, beginnt (Fig. 52a), zeigt sich hier doch keine Spur einer Ligninreaktion; ebenso verändert sich auf Einwirkung von Phloroglucin-Salzsäure der grösstenteils meristematische Mutterkörper der Wurzelhaube nicht; eine blassrosa Farbe nimmt aber der scharf begrenzte peripherische Teil an (der sich blättrig abzutrennen beginnt) und zwar am intensivsten an der Spitze (Fig. 52i, beziehungsweise b). Die Lignifikation ist auch nachher an der Spitze am stärksten, wie auch unter den Schuppen die Gipfelschuppe relativ am dicksten und längere Zeit hindurch persistent ist (Fig. 50—51e). Hier ist die Zellwandverdickung so gross, dass das Lumen der Zellen — Brachysklereïden — auf ein Minimum reduziert wird.

Mit der Anordnung der netzartig verbundenen Wurzelhaubenzellen in Schichten hängt ihre gerade für Pandanus charakteristische weitere Gestaltung zusammen.

Wenn wir die einander deckelartig bedeckenden Schuppen des abhebbaren Wurzelhaubenteiles auf dem Längsschnitte prüfen (Taf. XII., Fig. 51f), fällt es auf, dass — obgleich sich der oben schon geschilderte Grundtypus (Fig. 53) der Wurzelhaubenzellen nicht verändert — sich gewisse Schichten in Folge der starken Verdickung der Zellen differenzieren; während die Zellwände der diese von einander „trennenden Schichten“ im Vergleich zu jenen bedeutend dünner sind.

Die aus dickwandigen Brachysklereïden bestehenden Schichten stellen eigentlich den Grat der abtrennenden Platten dar und zeigen eine intensive Ligninreaktion (Fig. 54a); die mit diesen abwechselnden dünnwandigen Zellschichten aber weichen auch durch die Substanz ihrer Zellwände von den Sklereïdschichten ab, da sie sich mit Phloroglucin-Salzsäure nur blass scharlachrot färben; jener Linie entlang, in der die Trennungsschicht in ihrer Länge aufreisst, wird ihre bräunlich-gelbe Farbe im Allgemeinen am wenigsten verändert (Fig. 54b, beziehungsweise h). Die sich abtrennenden Platten — obwohl nicht in vollständigem organischen Zusammenhange mit einander — bedecken noch immer längere Zeit hindurch kappenartig die Spitze der Luftwurzel (Fig. 50v und 51f).

Die Trennungsschichten nehmen mit Chlorzinkjod den Riss entlang eine ins graublaue neigende Farbe an; in Chromsäure verschwindet (etwa gleichzeitig mit den aus Tannenholz gemachten Schnitten) die Sklereïdschicht, es bleiben aber die übrigens kollabierenden, später in Fetzen weghängenden Zellen des Trennungsgewebes übrig (Fig. 54b). Mit (kalter) Kalilauge behandelt färbt sich das Ganze intensiv gelb, die Farbenschattierung der einzelnen Schichten tritt aber nur nach (vorsichtiger) Erwärmung mit Kalilauge schärfer hervor, worauf die Sklereïdschicht in orangegelber, das Trennungsgewebe aber mehr in zitronengelber Farbe spielt. Die verkorkte Wände charakterisierende Körnchenbildung war auch nach wiederholten Versuchen nicht zu beobachten.

Nach Corren's Versuchen färbt bekanntlich ein frisch bereiteter Chlorophyllauszug sowohl die Cuticula, als auch die verkorkten Zellwände intensiv grün; farblos aber bleibt alles, was verholzt oder rein aus Cellulose besteht.[1]) In dem in Rede stehenden Falle nahm das ganze Gewebe blassgrüne Farbe an; nur das Trennungsgewebe war etwas lebhafter grün; von intensiv grüner Farbe war aber keine Rede.

Die Anwendung einer 50% Alcannin-Alkoholllösung führte noch weniger zum Ziele. In dieser lagen die Präparate 1—18 Stunden lang; doch das Resultat — auch nach wiederholten Versuchen — war sehr widersprechend; d. h. das Meristem der Wurzelhaube färbte sich relativ am besten, ganz wenig nur die Sklereïdschicht der sich abtrennenden Platten, weiter derjenige peripherische Teil und die Spitze der Wurzelhaube, welcher sich mit Phloroglucin-Salzsäure als verholzt zeigte (Fig. 52i, b); die Trennungsschicht aber liess keine Spur einer Färbung erkennen.

Zur Ermittelung des mikrochemischen Verhaltens der einzelnen Wurzelhaubenschichten studierte ich auch die Wirkung der Anilinreaktionen[2]) an Pantanus Veitchi Hort.

[1]) Zimmermann, Botan. Mikrotechnik, pag. 149.

[2]) Zu diesem Zwecke gebrauchte ich chemisch reines salzsaures Anilin und zwar auf die von Höhnel (l. c pag. 527) empfohlene Weise.

Bei Anwendung einer mit Salzsäure stark gesättigten wässerigen Lösung von salzsaurem Anilin trat die Reaktion sofort ein: die Sklereïdschicht färbte sich lebhaft orangegelb, überaus blassgelb aber die Trennungsschichten.

Zu ähnlichem Resultate führte die Anwendung von in konzentriertem Alkohol gelöstem salzsaurem Anilin; nach einigen Augenblicken trat die lebhafteste Farbenwirkung auf, die durch nachherigen Zusatz von Salzsäure in ihrer Intensität nicht verstärkt wurde.

Aus allem diesem können wir wenigstens darauf schliessen, dass bei den Schichten der (Brachy-) Sklereïden die Verholzung überwiegend ist, in den Trennungsschichten aber (Trennungsphelloïde im Sinne Höhnel's?) herrscht die Verkorkung vor.[1])

Diese morphologisch scharf getrennten Schichten wechseln regelmässig mit einander ab.

Wenn wir die Klassifikation Höhnel's annehmen, so würden die Phelloïde von Pandanus in die Kategorie der passiven Phelloïdschichten einzureihen sein.

Unter den letzten Fetzen der Wurzelhaube ist das weitere Verhalten des Protoderms beachtungswert. Seine säulenartig gestreckten, übrigens zartwandigen Zellen werden nach dem Abwerfen der letzten Wurzelhaubenplatte mehr und mehr quadratische und echte epidermale Zellen, deren an die Atmosphäre grenzende (periklinen) Wände sich kaum verdicken (Taf. XII., Fig. 55 i); bemerkenswert sind höchstens die peripheren intercellularen Einkeilungen (Fig. cit. r). Die Epidermis ist in ihrem ganzen Verhalten ephemeren Charakters, da sich der Zusammenhang ihrer Zellen sehr schnell lockert und bald unterbrochen wird; zuletzt werden auch die epidermalen Zellen stellenweise aufgeworfen (Fig. 56 o); dementsprechend tritt dann die subepidermale Zellreihe in den Vordergrund und zum Schlusse tritt jenes Stadium ein, in dem die Epidermis der Luftwurzel von Pandanus — im Gegensatze zu Phoenix, wo sie, wie es scheint, persistent ist — ganz verschwindet und die subepidermale Zellreihe, später das aus Phellogen entstehende mächtige Periderm die Aufgabe des Hautgewebes übernimmt. Das Abstossen der peripherischen Zellen erreicht damit nicht seinen Abschluss, in Folge dessen auch die peripheren Umrisse des mikroskopischen Querschnittbildes einer Luftwurzel unbestimmt sind und zwar um so mehr als inzwischen sich auch mit der freien Luft kommunizierende intercellulare Lücken gebildet haben.[2])

Die mechanischen Elemente der Luftwurzeln von Pandanus treten, im Vergleich zu denen von Phoenix — wenn man den verhältnismässig grossen Unterschied in ihrer Grösse berücksichtigt — vollständig in den Hintergrund, obzwar die Wurzeln Stelzenwurzeln sind. Auch ist z. B. die, der Schwefel- und Chromsäure widerstehende Endodermis[3]) in einer Entfernung von 6 cm von der Spitze noch immer dünnwandig, ihre Sklerosis tritt wahrscheinlich erst viel später ein. Ähnliches könnte ich von den übrigen mechanischen Elementen des Zentralcylinders sagen mit Ausnahme der darin eingebetteten Basstränge; die letzteren ersetzen — so scheint es — in dieser Gestalt eine Zeit lang die sich früh entwickelnden mechanischen Elemente des Zentralcylinders von Phoenix.

---

[1]) Die in der Trennungsschicht wahrnehmbare geringe Verholzung ändert hierin gar nichts, denn bekanntlich können der Kork, ja sogar auch ganz dünnwandige Phelloïdzellen stark verholzen (Phelloïdzellen von Fuchsia globosa, Höhnel l. c. pag. 609, resp. 616.) Die Mittellamellen der Korkzellen bestehen beispielsweise gewöhnlich aus stark verholzter Cellulose (Höhnel l. c. pag. 561 und 569).

[2]) Lenticellen habe auch ich nicht gefunden. A. Weisse, Lenticellen etc. l. c. pag. 317. Bot. Zentralbl. l. c. pag. 302. Von den übrigen — an Phoenix erinnernden — Pneumathoden bei Pandanus macht Jost l. c. pag. 632 eine kurze Erwähnung. Auf Pandanus bezügliche Angaben finden sich noch: P. van Tieghem, Structure des Aroidées l. c. (P. javanicus) pag. 198; L. Mangin, Origine et insertion des racines adventives et modifications corrélatives de la tige chez les Monocotylédones. Pl. 9—16. Annales d. sc. Nat. 6-ième Série. Botan. Tom. XIV. (1882) pp. 216–363. (Pandanées: pag. 259. — P. odoratissimus, Fig. 71—76); — und andere ebenfalls auf die Pandaneae (Freycinetia) Bezug habende Angaben in den Arbeiten von Van Tieghem und F. A. F. C. Went, Über Haft- und Nährwurzeln (pag 45), die aber alle mit meinen Ausführungen in keinem näheren Zusammenhange stehen.

[3]) F. v. Höhnel, Über d. Kork; l. c. pag. 633.

Alles dieses kann man auch an der Konsistenz der Luftwurzeln wahrnehmen. Die aërophilen Wurzeln von Phoenix sind sehr hart und trocken; die Luftwurzeln von Pandanus dagegen fleischig; die darin eingebetteten Baststränge und andere sich später verdickende mechanische Elemente verleihen ihnen erst dann ihre „Säulenfestigkeit", wenn die Luftwurzel den Boden erreicht hat und dadurch wahrhaft zur Stelzenwurzel geworden ist.

Ficus Neumanni Cels.

Die fadenartig herabhängenden, dünnen und oft auffallend langen Luftwurzeln von Ficus Neumanni sind zur Zeit ihrer lebhaften Vegetation rot; diese rote Farbe geht dann in der Spitzengegend plötzlich ins gelbe über (Taf. XIV., Fig. 57). Selten bleibt jener Teil der Wurzelhaube darauf, der aus abgestorbenen Zellen besteht und als dunkelbraune Kappe die gelbliche Spitze der Luftwurzel bedeckt, wie die Calyptra die Kapsel der Moose; denn die auf der Luftwurzelspitze sich bildenden Wassertropfen schwemmten sie bald weg.

Das Bildungsgewebe der Wurzelhaube, als auch des Wurzelkörpers fliesst mit den Initialzellen des Protoderms in eine gemeinsame initiale Zone zusammen. Die aus kaum einigen Zellreihen bestehende Wurzelhaube ist im Verhältnis zur Dicke der Luftwurzel klein, die etwas verdickten Wände ihrer länglichen Zellen zeigen kaum etwas bemerkenswertes. Der Zellinhalt allein ist es, der für Ficus charakteristisch sein kann. In den Wurzelhaubenzellen sind nämlich sehr viele stärkebildende Leucoplasten vorhanden, so, dass Stärkekörnchen noch in den sich abtrennenden, also verwitternden Wurzelhaubenzellen reichlich zu finden sind.

Gegen die peripherische Zone der Wurzelhaube vermehrt sich auf Kosten des Stärkegehaltes die Zahl der (grösstenteils in Desorganisation begriffenen) gelben Chromatophoren und dadurch wird die Wurzelspitze intensive gelb.

Die peripherischen Zellen der Wurzelhaube — Schwefelsäure löst sie auch nach Tagen nicht — sind verkorkt; in ihnen ist mit Eisenchlorid ein geringer Gerbsäuregehalt nachzuweisen.

Die Abtrennung der Wurzelhaubenzellen geschieht selten „blättrig"; häufiger werden einzelne — oft ganz gelb gefärbte — Zellen abgeworfen (besonders an der eigentlichen Spitze), deren Abtrennen von der Wurzelhaube offenbar in Folge der Lösung ihrer Mittellamellen, oder aber durch Verschleimung geschieht.

Figurenerklärung.

Alle Zeichnungen habe ich auf Grund mikroskopischer Beobachtungen (also ohne zu Hülfenahme von Projektionsapparaten) verfertigt; auf dieser Basis habe ich auch die Vergrösserung dem Bilde entsprechend in jedem Falle besonders ausgerechnet. Den Zellinhalt habe ich an einigen Orten der Schärfe des Bildes wegen nicht eingezeichnet. >——C——> Spitze zeigt gegen die Wurzelspitze, das andere Ende gegen die Basis. — L.sch., Qu.sch. = Längs-, Querschnitt. ew. = etwa (circa). Vergr. = Vergrösserung.

TAF. I.

Oncidium carthaginense Sw.

Fig. 1. Teil aus der Seitenpartie des L.sch. der Wurzelhaube. — e. Protoderma (Dermatogen); z. mit Chloroplasten umgebener Zellkern. — r. die aus kollabierten und verkorkten Wurzelhaubenzellen gebildete Schutzschicht. Vergr. 330.

Oncidium sphacelatum Lindl.

Fig. 2. Teil aus der Seitenpartie des L.sch. der Wurzelhaube. — z. Zellkern; — r. wie oben. Vergr. 470.

Aërides odoratum Lour.

Fig. 3. L.sch. des Spitzenteiles der Luftwurzel, ganz schematisch. — p. s. g. Zentralcylinder (Plerom); — r. Rindenparenchym (Periblem); — v. Velamen radicum; — h. Wurzelhaube; — g. gemeinsames meristematisches Zentrum.

Fig. 4. Teil aus dem L.sch. der Wurzelhaube. — a. die äusserste unmittelbar der Wurzelhaube benachbarte Zellreihe des Velamen radicum; — b. Protoplasten; — c. Zellwandverdickungs-„Pölsterchen"; — d, n. Zellkern. — Vergr. 400.

Fig. 5. Teil der äussersten Zellschichten der Wurzelhaube. — c. Schleimmassen; v, n. Austrittsort der Schleimmassen; — e. Protoplasten; — h. verkorkte Wurzelhaubenfetzen. — Verg. 400.

Fig. 6. Aus einem Oberflächenschnitte der Wurzelhaube. — Verkorkte und wellenartig geknitterte Zellwände. — Vergr. 300.

TAF. II.

Sobralia macrantha Lindl.

Fig. 7. Wurzelhaube im L.sch. (II. Stad.); — a. Velamen radicum; — b. Exodermis; — c. Zentralcylinder (Plerom); — d. Rindenparenchym; — e. Wurzelhaube; — f. die aus älteren, bald abtrennenden und abgestorbenen Zellen bestehende Schicht der Wurzelhaube; — g. Corpuscula Leitgebiana (Faserkörper über einer Durchlasszelle der Exodermis); — h. die in Fetzen übrig gebliebenen radialen Wände des Velamen radicum; — i. Protoderma; — k. Raphide. — Vergr. 80.

Fig. 8. Einige (lebende) Zellen der Wurzelhaube aus dem Fig. 7 e entsprechendem Teile der Wurzelhaube. — s. Zellkern. — Vergr. 400.

Dendrobium speciosum Smith.

Fig. 9. Ein gegen die Spitze fallender peripherischer Teil aus dem L.sch. einer Seitenpartie der Wurzelhaube. — c. die verdickten periklinen Wände; — d. die kutinisierten und geknitterten Fetzen der peripherischen Zellreihe. — Vergr. 500.

Fig. 10. Aus demselben — c. aus kollabierten Zellen bestehende Schicht, aus dem gegen die Basis der Wurzelhaube fallenden Teil. — Vergr. 350.

Pothos celatocaulis N. E. Brown.

Fig. 11. Ein Teil aus dem L.sch. der Wurzelhaube einer Nähr- (dorsiventralen) Luftwurzel. Vergr. 200.

TAF. III.

Fig. 12. Ganze Spitzenpartie derselben, im L.sch., ew. 20-fach vergr. — a.–b. die mathematische Mittelachse der Luftwurzel; — o. Spitzenpunkt der Wurzelhaube; — c. Zentralcylinder; d. Rindenparenchym; — e. unter der Wurzelhaube hervorbrechende protodermale Schuppen; — f. aus abgestorbenen Wurzelhaubenzellen gebildete ventrale Schicht, auf der nach Art eines Gastropoden die Luftwurzel weiter kriecht; — k. mit braunem Farbstoff gefüllte Wurzelhaubenzellen.

Fig. 13. Aus einem Fig. 11 entsprechenden peripherischen Teile der Wurzelhaube. — d.–p. = Protoderma, beziehungsweise die nach der Peripherie der Wurzelhaube zeigende Richtungslinie; — c. noch unversehrte Zellwandverdickungen; — i. in der Richtung der Mittellamellen sich anhäufende und sekundär sich bildende Krystallkörnchen; — s. verwitternde und verschleimte Wurzelhaubenzellen. Die übrigen Buchstabenerklärungen siehe im Texte. — Zeiss. Mikrosk. Oc. 4. Obj. E. — Vergr. 500.

TAF. IV.

Fig. 14. Der sich zwischen Wurzelhaube und Rindenparenchym einzwängende keilartige (dorsale) Gewebekörper, am Beginne seiner Entwickelung. — a. die ersten Zellreihen der Wurzelhaube; — pb. Rindenparenchym (Periblem); — p. Protoderm; — e_1. in Entwickelung begriffene Schuppentrichome (= keilartiger Gewebekörper); — i. mit Luft gefüllte Intercellularspalte. Vergr. 250.

Fig. 15. Aus dem „keilartigen Gewebekörper“ (Taf. III., Fig. 12e, beziehungsweise Taf. IV., Fig. 14 e_1) entwickelte dorsale Schuppentrichome, bei a. um etwa 5 Zelllängen verkürzt. — d. Exodermis (?) — b. Protoderma (einzellreihiges Velamen?); s., s_1. Zellkern. — Vergr. 100.

Fig. 16. Qu.sch. der vollständig entwickelten Luftwurzel schematisch, ew. 45-mal vergr.; — r. Rindensklerenchymscheide, darin der von der (en.) Endodermis umgebene Zentralcylinder (hier sind, um die Gefässe, die dickwandigen Zellen mit dunkler Schattierung hervorgehoben); — c. Rindenparenchym; — p. eine zur Teilung sich anschickende dorsale Zellschicht des Rindenparenchyms; der sich entwickelnde Stereïdmantel ist mit stärkerer Punktierung gezeichnet (= Taf. IV., Fig. 17a); — e. Schuppentrichome auf der dorsalen, – f. f_1. Wurzelhaare auf der ventralen Seite der Luftwurzel; — x. = Taf. V., Fig. 18d.

Fig. 17. Taf. IV., Fig. 16g entsprechender Qu.sch.-teil in 300. Vergr. – Die sekundär gebildeten Scheidewände sind schärfer gezogen. — b. erste Scheidewand; — a. Sklerenchymschicht.

TAF. V.

Fig. 18. Aus dem ventralen Teile der Luftwurzel genommener Qu.sch., nachdem auch die letzten Wurzelhaubenfetzen abgeworfen wurden. — e. mit braunem Zellsafte und Pigmentkörnchen gefüllte Wurzelhaare (Taf. IV., Fig. 16f); — b. Exodermis. — 450. Vergr.

Fig. 19. Qu.sch.-teil von der Spitze der Luftwurzel, e. in 3 dm. Entfernung. Mit Phloroglucin-Salzsäure behandelt. Vergr. 360.

Fig. 20. Aus der der dorsalen Medianlinie entsprechenden Partie einer entwickelten Luftwurzel genommener Qu.sch.-teil, mit Phloroglucin-Salzsäure behandelt. — a. das sklerosierte Periderm; d. unverändert dünne Wände des Phellogens; — l. Lückencollenchym; — f. die abtrennenden Zellfetzen der epidermoidalen Schicht. — Vergr. 405.

Fig. 21. Die stark sklerosierten Zellen des dorsalen Periderms von oben betrachtet. — Vergr. 500.

Anthurium digitatum G. Don.

Fig. 22. L.sch.-teil aus der Spitzenpartie der Luftwurzel, e. 4 mm von der Spitze. Die Wurzelhaube wird schon von nur 2 Zellreihen = h. gebildet; von der darüber gewesenen 3. Zellreihe zeigen sich nur hie und da die radialen Wandüberreste = x; — d. palissadenartig gestreckte Zellen des Protoderms; — e. Exodermis (äussere Endodermis); — r. Raphiden im Rindenparenchym. — Vergr. 330.

TAF. VI.

Fig. 23. Qu.-sch. aus einem jüngeren Teile der Nähr-Luftwurzel. — k. Rindenparenchym; — e. Exodermis (äussere Endodermis); — d. einzellreihiges Velamen radicum (Epidermis); — r. s. flaschenartige Wurzelhaare. — Vergr. 150.

Monstera acuminata C. Koch.

Fig. 24. Apicales Stück der Nähr- (dorsiventralen) Luftwurzel, in nat Grösse. — z. zebraartige Schuppenmusterung; — o. zwei laterale Grenzlinien eines von Wurzelhaaren gebildeten Streifens (Taf. VII., Fig. 28o); — c. die von Wurzelhaaren gebildete ventrale Schicht; — d. die durch die Überreste der Schuppentrichome hervorgerufene Streifung zwischen den Wurzelhaaren (Taf. VII., Fig. 28c, c_1); — ab. Wurzelhaare (Taf. VII., Fig. 28ab).

Fig. 25. Ein Seitenteil der Wurzelhaube im L.sch. — h. Zellreihen der Wurzelhaube; — d. Protoderma; — e. Exodermis. — Vergr. 235.

Fig. 26. Aus der Schleimmasse der Luftwurzelspitze. Abtrennende Wurzelhaubenzellen in 350. Vergr. Die Buchstabenerklärung siehe im Texte.

Fig. 27. Ein Endstück der im Wasser lebenden Luftwurzel in nat. Gr. — a. die von den abschälenden Wurzelhaubenzellen hervorgebrachte Streifung; — b. Pneumathode (Lenticelle); c. ventrale Seite.

TAF. VII.

Fig. 28. Qu.sch.-teil aus der ventralen (und teils lateralen: x) Seite der Luftwurzel. — ab. Wurzelhaare; c. c_1. aus abblätternden Wurzelhaubenzellen gebildete Schichten; — o. ausstülpende epidermoidale Zellen; — x. Schuppentrichome (Taf. VI., Fig. 24z); — e. Exodermis; — r. Rindenparenchym. — Vergr. 135.

Fig. 29. Aus dem L.sch. einer im Wasser lebenden Luftwurzel. II. Stadium der Entwickelung einer Lenticelle. — ii. Initialzelle der Lenticelle; — r. peripherische Zellreihe des Rindenparenchyms; — e. Exodermis; — d. Protoderma; — v. bräunende Zelle der Wurzelhaube, die nachher abgeworfen werden. — Vergr. 230.

TAF. VIII.

Fig. 30. Teil aus dem Qu.-sch. der Luftwurzel (Situation entspricht Taf. IV., Fig. 17, beziehungsweise Fig. 16g); — c. in Entwickelung begriffenes Phellogen, dessen Zellwände alle dünn und verkorkt; Verholzung mit Phloroglucin-Salzsäure nicht nachweisbar; — e. gebräunte Exodermis; — v. abschälende und stark gebräunte Zellfetzen der epidermoidalen (Velamen) Schicht. — Vergr. 445.

Fig. 31. Aus der dorsalen Seite der Luftwurzel genommener Qu.sch.-teil, von der Spitze in 3 dm. Entfernung, mit Phloroglucin-Salzsäure behandelt (entspricht der Situation von Taf. V., Fig. 20). — d. die verholzten und — k. noch nicht verdickten, nur verkorkten Zellen des dorsalen Periderms; — e. Exodermis, mit zum Teil verholzten Zellwänden; — v. abschälende und schwarzbraune Zellfetzen der epidermoidalen Schicht; — r. Rindenparenchym. Vergr. 445.

Fig. 32. Aus dem L.sch. einer in Wasser vegetierenden Luftwurzel. I. Stadium der Entwickelung einer Lenticelle. — v. gebräunte Fetzen von Wurzelhaubenzellen; — d. Protoderma; — e. Exodermis; — r. Rindenparenchym (Ad. Fig. 29). — Vergr. 260.

TAF. IX.

Fig. 33. Seitenteil im L.sch. einer in Wasser lebenden Luftwurzel e. 6 mm. von der Spitze. — h. letzte Zellschicht der Wurzelhaube; — k. kipfelartig abtrennende und gebräunte Wurzelhaubenteile; -- d. Protoderma; — e. äusserste Zellreihe des Rindenparenchyms (Exodermis); — r. Rindenparenchym. — Vergr. 185.

Fig. 34. Vollständig entwickelte Lenticelle einer im Wasser lebenden Luftwurzel im Qu.sch. — p. bräunende, später abtrennende Zellen der epidermoidalen Zellreihe; — e. Exodermis; — c. Chloroplasten enthaltende peripherische Zellen des Rindenparenchyms; — x. radial gestreckte Zellreihen des s. g. „Füllgewebes“ mit conidiumartiger Zellteilung; — s. äusserste und gebräunte Zellfetzen einer Lenticelle; r. Fetzenzellen einer Lenticelle. — Vergr. 125.

TAF. X.

Fig. 35. Aus dem Qu.sch. eines dünneren Seitenzweiges der im Wasser lebenden Luftwurzel. — d. epidermoidale Zellreihe mit braune Pigmentkörnchen enthaltenden Wurzelhaaren; — e. hyaline Zellreihe (Exodermis); — r. Rindenparenchym mit Chloroplasten. — Vergr. 110.

Fig. 36. Dasselbe; aus dem Qu.sch. eines dickeren Seitenzweiges, nahe der Wurzelhaube. — v. Überreste der Wurzelhaube; — o. Phellogen; — das übrige wie oben. Vergr. 185.

Phoenix reclinata Jacqu.

Fig. 37. A. B. C. Aërophile Athemwurzeln in nat. Gr. — v. Wurzelhaube; — vr. an die Seite des Wurzelkörpers haftende Wurzelhaubenreste; — r. Rindenparenchym (fg. = Taf. XI., Fig. 44f); — c. Zentralcylinder. — B. sistierende Luftwurzel, wo f die in der epidermalen Wucherung entstandenen und das Bild der Wurzelhaube nachahmenden Rindenschuppen bedeutet. Über

das übrige dient der Text zur Aufklärung. I. II Athemwurzeln von Phoenix silvestris Roxb. in nat. Gr. — v. Wurzelhaube; — pn. Jost'sche Pneumathoden.

Fig. 38. Aus der sklerenchymatischen Rinde der Athemwurzel im L.sch. — Vergr. 400.

Fig. 39. Qu.sch. aus dem in Fig. 37 B. mit a bezeichneten (grün gestrichelten) Teile. — o. von einander getrennte, oft mit einzelligen Algen (a) gefüllte epidermale Zellen; — c. Cuticula; — x. kanalartiger Luftgang; — s. Rindensklerenchym. — Vergr. 400.

Fig. 40. Aus Fig. 37 B. mit a bezeichnetem (grün gestricheltem) Teile genommener Flächenschnitt. — a. = Fig. 39 x; — b. mit einzelligen Algen erfüllte epidermale Zelle. — Vergr. 330.

TAF. XI.

Fig. 41. L.sch. aus einem Seitenteile der Wurzelhaube. — s. Periblem; — d. Protoderma; — v. Schichten der Wurzelhaube; — g. mit gerbsäureartiger Masse gefüllte Zellen. — Über das weitere siehe die im Texte befindliche Erklärung. — Die Zeichnung ist mit Veranschaulichung der Phloroglucin-Salzsäure-Reaktion verfertigt. — Vergr. 318.

Fig. 42. Seitenteil der aërophilen Luftwurzel im L.sch. nach Behandlung mit Phloroglucin-Salzsäure. — gy. einige peripherische, zum Teil kollabierte (p) Zellreihen der Wurzelhaube; — g. mit gerbstoffartiger Masse gefüllte Wurzelhaubenzelle; — d. Protoderma, mit Veranschaulichung der beginnenden Verdickung und Verholzung der periklinen Wände, gleichsam als Fortsetzung des Fig. 41 mit d_2 bezeichneten Teiles; — pb. Periblem; — p. aus verkorkten und kollabierten Wurzelhaubenzellen gebildete Schutzschicht. — Vergr. 375.

Fig. 43. Aus Fig. 37 A. genommenes Qu.sch.-bild schematisch und ew. makroskopisch gezeichnet; — vr. aus kollabierten Wurzelhaubenzellen gebildeter Fetzen (= Fig. 37 A. vr), mit einer sich darunterziehenden Algenkolonie = a; — c. Cuticula; — i. Epidermis; — f. + g. aus Brachysklereïden bestehender subepidermaler Sklerenchymring; — g_1. s. g. dünnwandiges Parenchym des Rindenparenchyms; — e. Endodermis (Schutzscheide); — d. Durchlasszelle; — ex. Excretbehälter; — ic. radial gestreckte Intercellularhöhle; — st. Baststränge; — h. Hadrom; — l. Leptom; — pc. Pericycle (Pericambium); — gf. Holzgefäss; — mp. Markparenchym; — bl. Libriform des Zentralcylinders; — p. der die Holzgefässe umgebende und nicht verholzende Parenchymring.

Fig. 44. = Fig. 43 cfg., nach Behandlung mit Phloroglucin-Salzsäure, in 400. Vergr. — c. Cuticula; — i. Epidermis; — p. verholzte perikline Wandung der epidermalen Zellen; — b. gerbstoffhaltige Zellen; — ex. Excretbehälter; — f. g. g_1. wie oben.

Fig. 45. Aus dem Sklerenchym einer aërophilen Luftwurzel, sofort nach Behandlung I. mit Jod-Jodkali, II. mit Jod-Jodkali + Schwefelsäure. — a. i. Luftgänge; — b. verholzte Mittellamelle; — c. innere Schale = 1. tertiäre + 2. sekundäre Schichten. Vergr. 840.

Fig. 46. Dasselbe; mit Jod-Jodkali und darauf 6 Stunden lang mit Schwefelsäure behandelt. Nach Auswaschen in Wasser lag es der Aufklärung wegen 12 Stunden in Glycerin. Vergr. 800.

TAF. XII.

Fig. 47. Qu.sch. aus der stark dickwandigen Epidermis (Vergl. Taf. XI., Fig. 42 d) — c. Cuticula. — Vergr. 665.

Fig. 48. Qu.sch.-teil aus dem Sklerenchymringe des Rindenparenchyms nach Behandlung mit Jod-Jodkalium, nachher mit Schwefelsäure. — f. g. r. = Taf. XI., Fig. 43—44 f. g.

Fig. 49. Teil aus der (mit der Endodermis benachbarten) Zone des Rindenparenchyms in Qu.sch., nach Behandlung mit Chlorzinkjod. — a. Rindenparenchym; — b. Baststrang. — Vergr. 250.

Pandanus utilis Bory.

Fig. 50. Luftwurzel in nat. Gr. — v. Wurzelhaube; — e. Gipfelschuppe.

Fig. 51. Der abhebbare Gipfelteil der Luftwurzel (Fig. 50 v) im L.sch., 2-fach vergr. — c. den L.sch. des hier fehlenden Spitzenteiles der Luftwurzel zeigt Fig. 52; — e Gipfelschuppe.

Fig. 52. Spitze der Luftwurzel im L.sch., in makroskopischer (ca. 5.) Vergr., nach Behandlung mit Phloroglucin-Salzsäure dargestellt, nachdem der aus toten Zellen bestehende Spitzenteil (Fig. 51) entfernt worden war. — c. Zentralcylinder (Plerom); — r. Rindenparenchym (Periblem); — v. Wurzelhaube; — b. die (verholzte) Spitze der Wurzelhaube und die damit zusammenhängenden aber auch schon leicht auseinanderweichenden — i. Wurzelhaubenschuppen; — t. Mutterkörper der Wurzelhaube.

Fig. 53. Ein aus Fig. 52a genommener L.sch. der Wurzelhaube. — r. Raphide; — Das Übrige siehe im Texte. — Vergr. 300.

Fig. 54. L.sch.-teil aus der Gegend von Fig. 51f. — a. Sklereïdschichten; — b. Trennungsschichten. Nach Behandlung mit Phloroglucin-Salzsäure; — c. zeigt die Richtung der Wurzelhaubenspitze. — Vergr. 275.

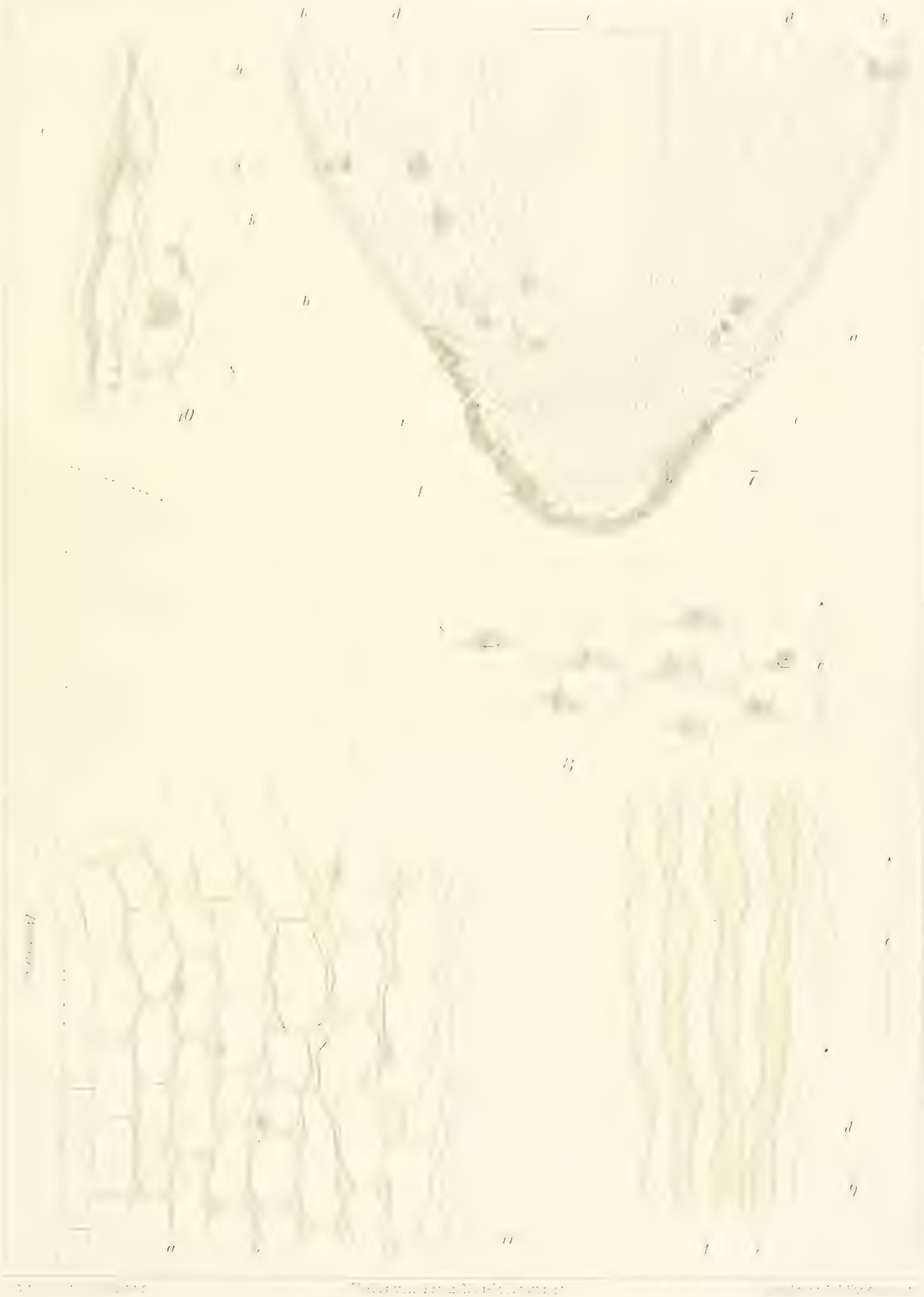
Fig. 55. Epidermis (e) im L.sch; — Vergr. 300.

Fig. 56. L.sch. aus jenem Teile der Luftwurzel, wo auch die letzten Fetzen der Wurzelhaube schon verschwunden und der Zusammenhang (o) zwischen den epidermalen Zellen sich lockerte. — Vergr. 325.

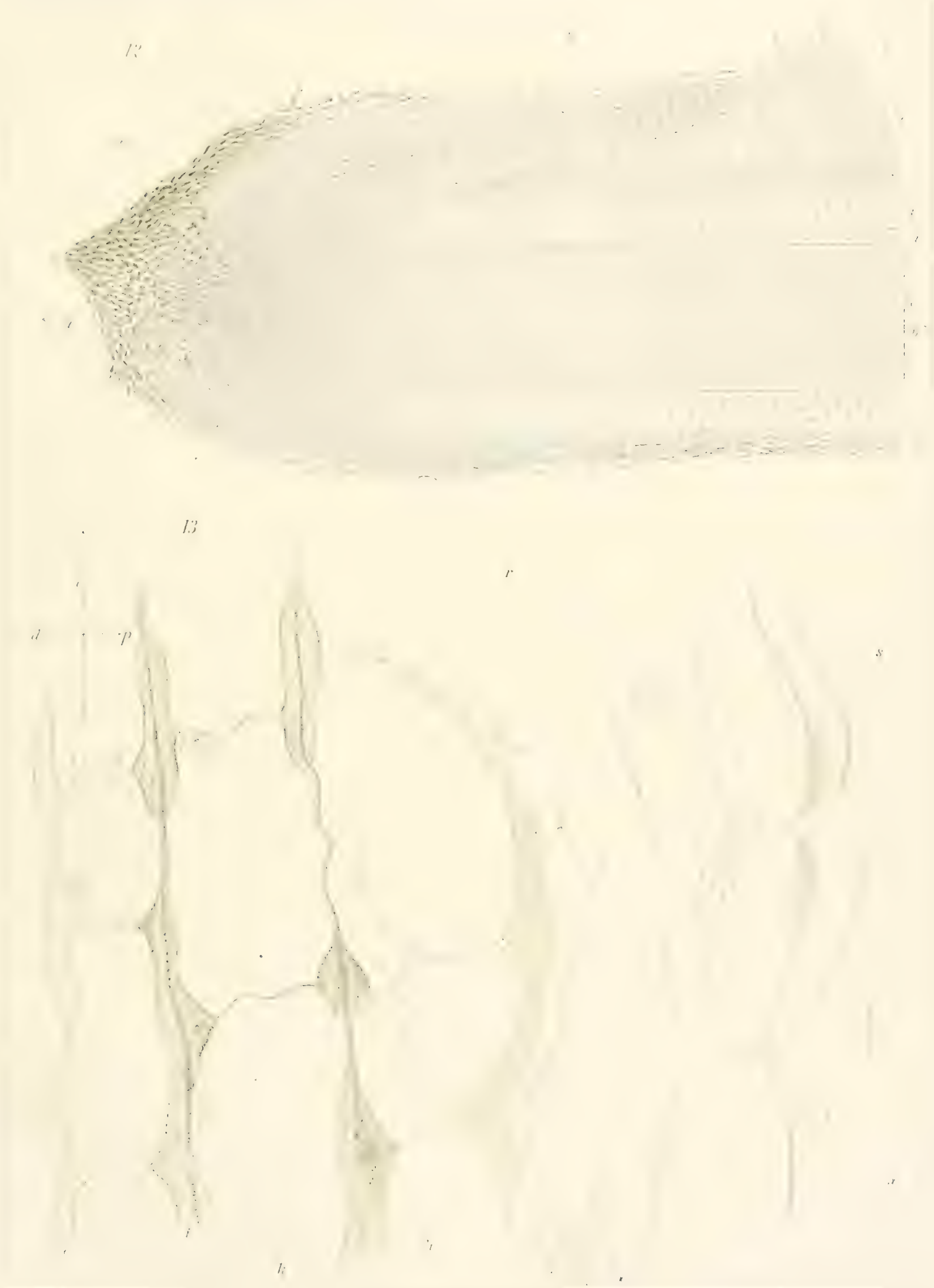
Ficus Neumanni Cels.

Fig. 57 Das äusserste Stück einer Luftwurzel in natürlicher Grösse und Habitus.

Oncidium. Aërides.

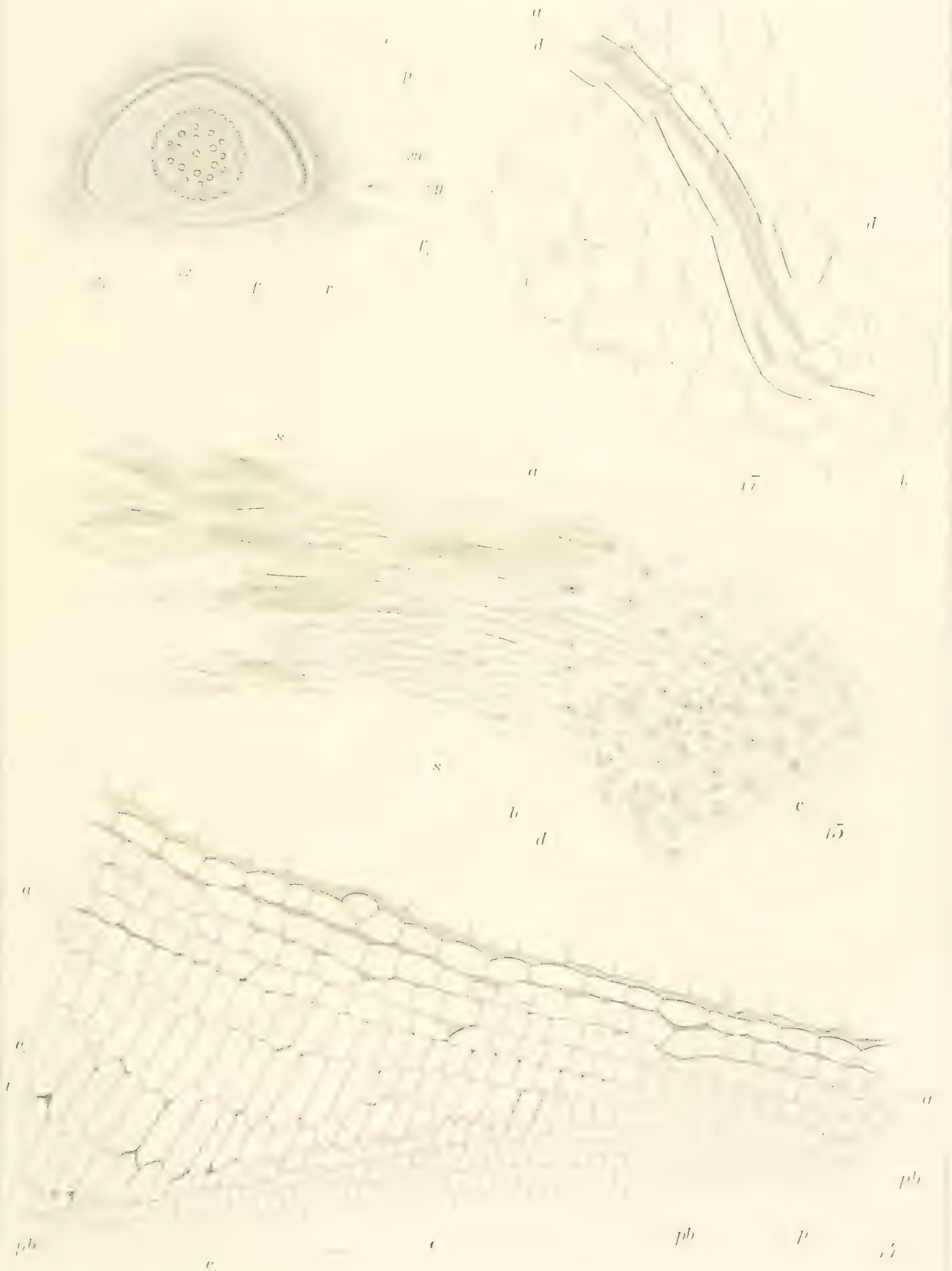


Sobralia. Dendrobium. Pothos.

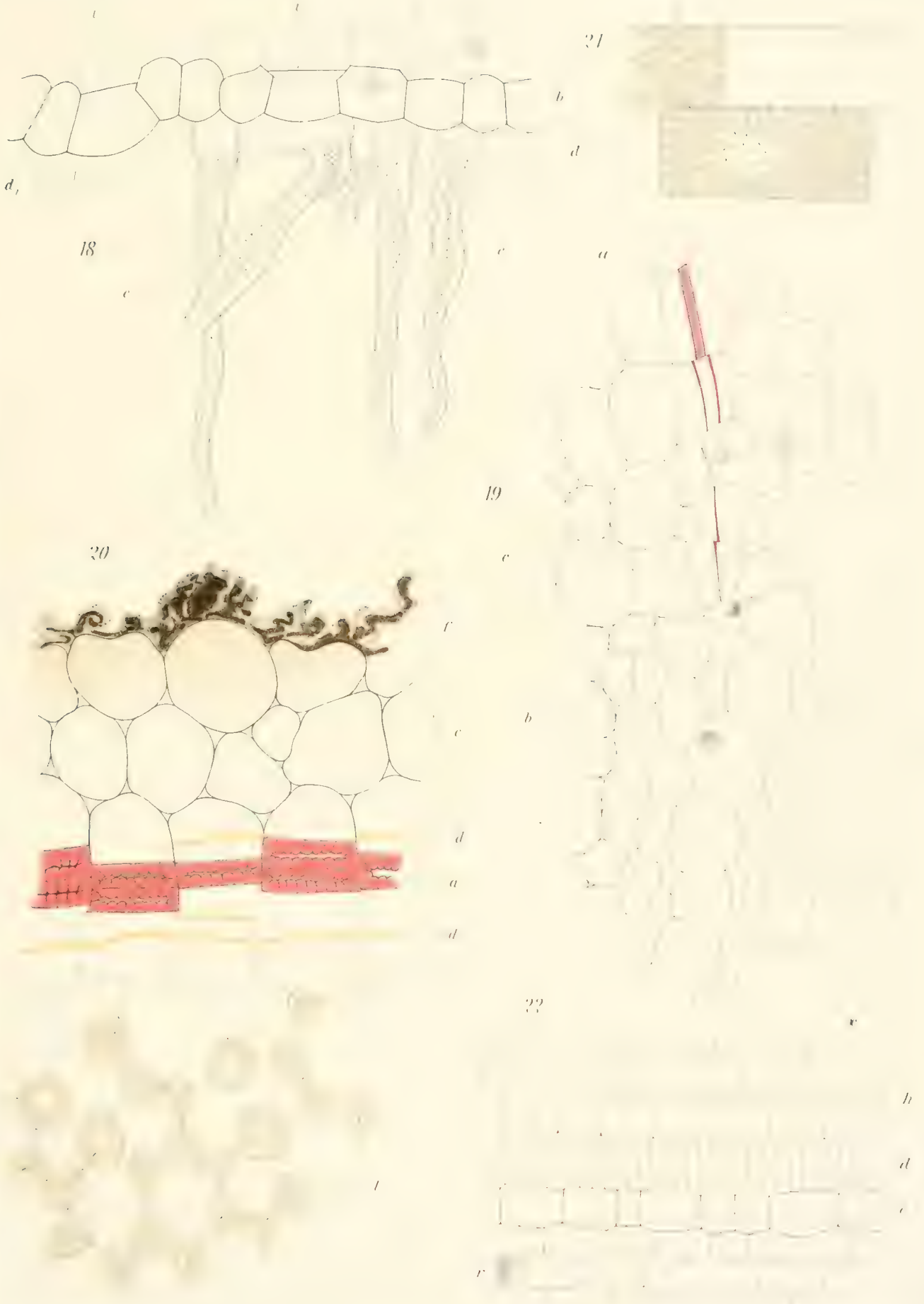


Verlag von Erwin Nagele, Stuttgart

Pothos celatocaulis.



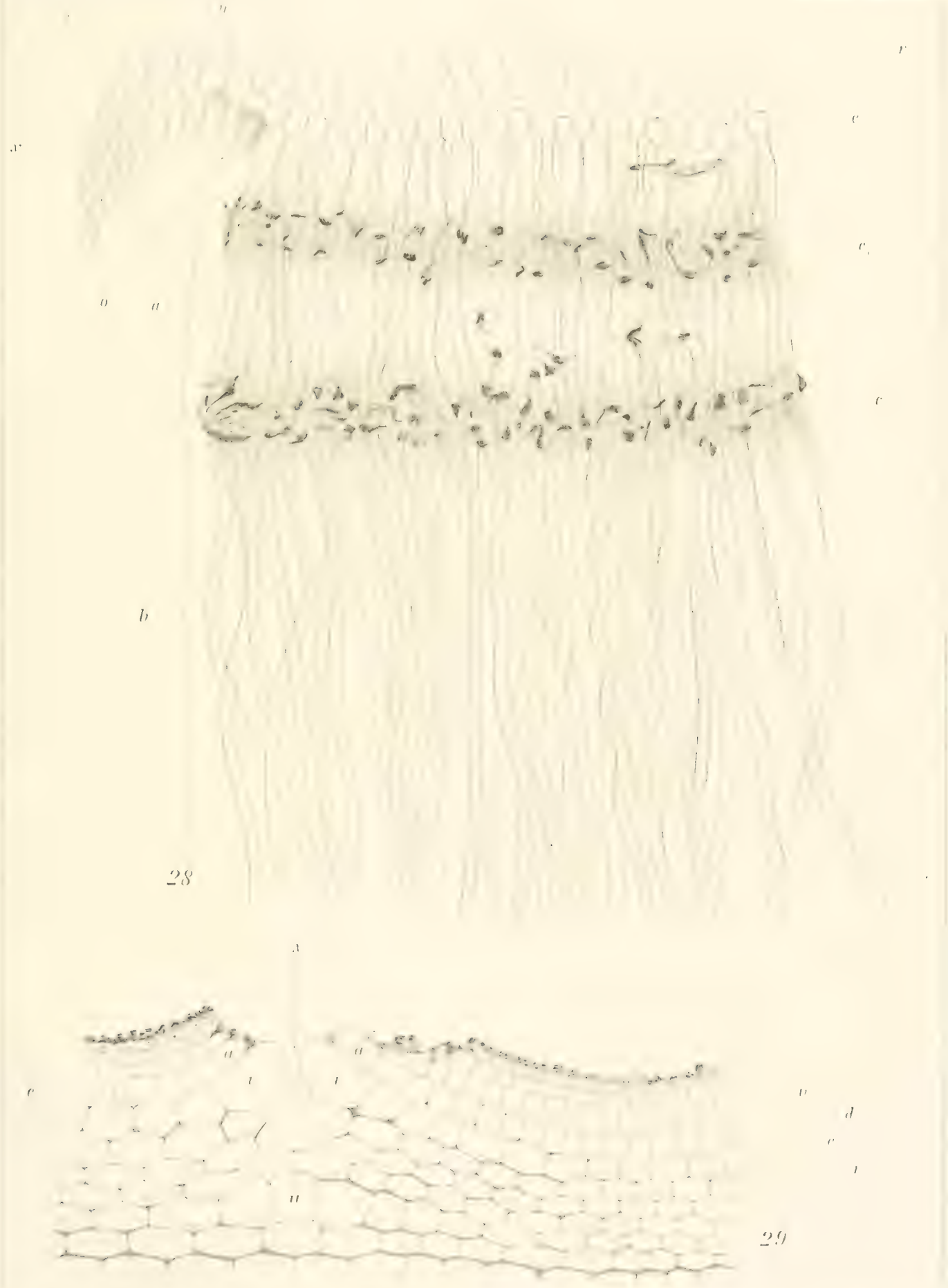
Pothos celatocaulis.



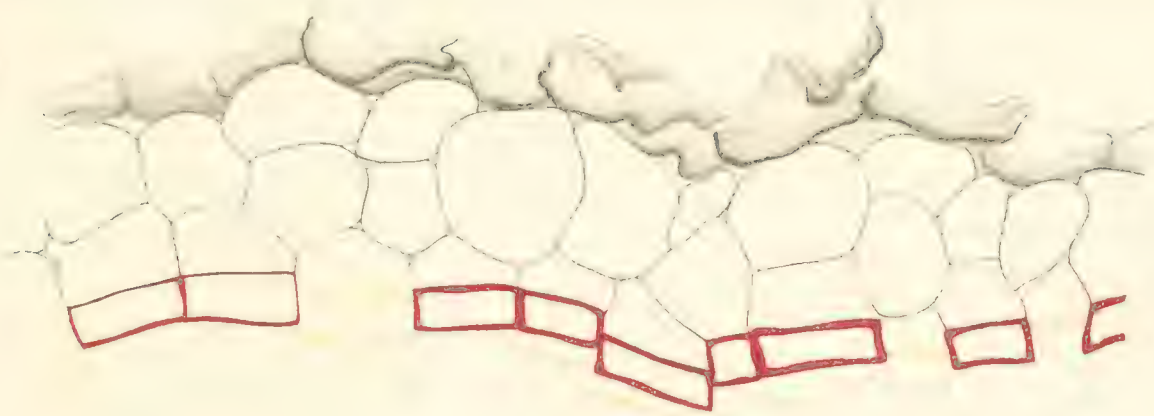
Pichler Verlag von Erwin Nägele Stuttgart. Lith. Anst. v. A. Funke Leipzig

Pothos. Anthurium.

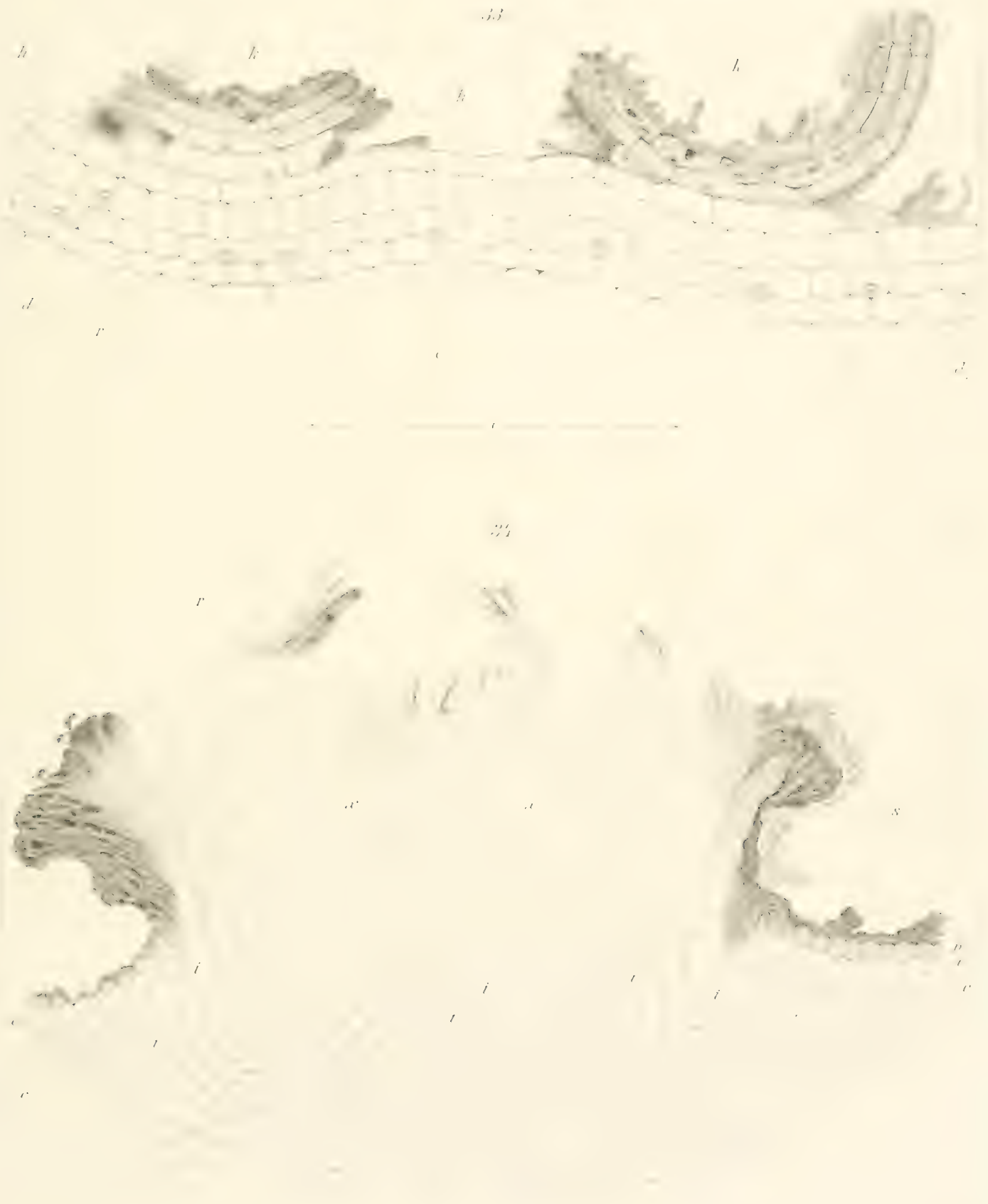
Anthurium. Monstera.



Monstera acuminata.

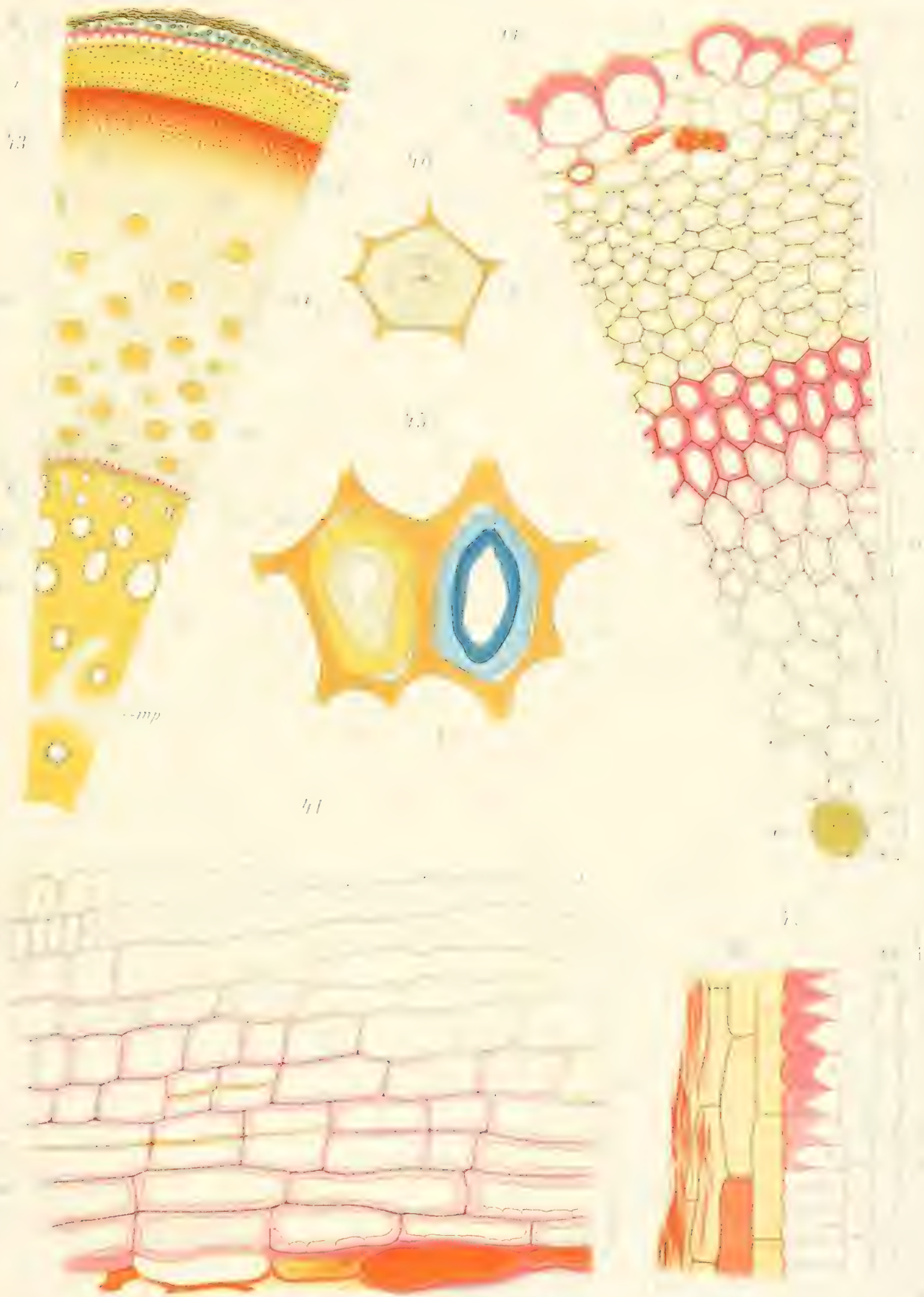


Monstera acuminata.

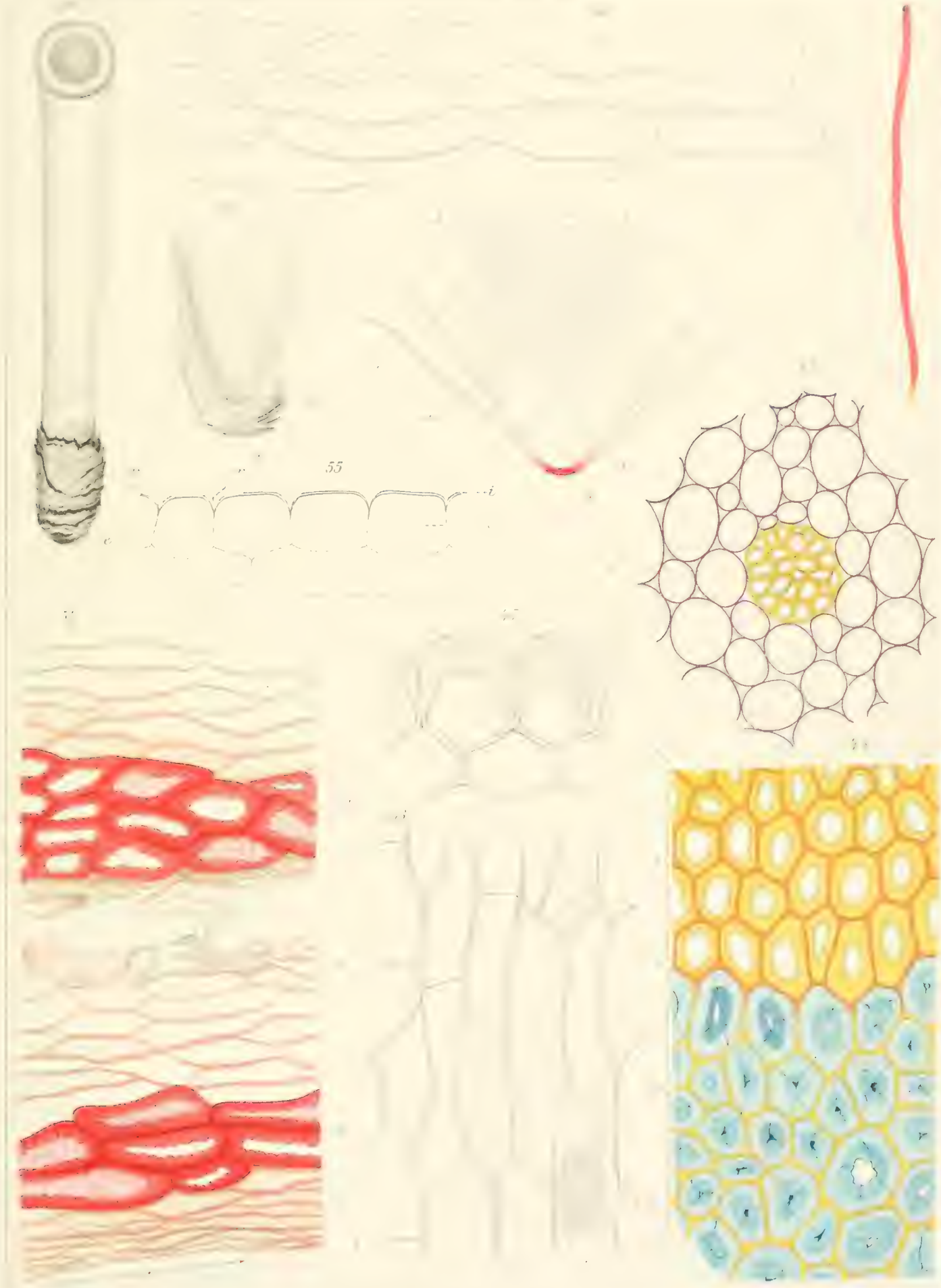


Monstera acuminata.

Monstera. Phoenix.



Phoenix reclinata.



Phoenix. Pandanus. Ficus.

Bisher erschienene Hefte der Bibliotheca botanica.

1. **Schenck, Dr. H.,** Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse. Mit 10 Tafeln. Preis 32 Mark.
2. **Zopf, Dr. W.,** Botanische Untersuchungen über die Gerbstoff- und Anthocyan-Behälter der Fumariaceen. Mit 3 farbigen Doppeltafeln. Preis 30 Mark.
3. **Schiffner, Dr. V.,** Ueber Verbascum-Hybriden und einige neue Bastarde des Verbascum pyramidatum. Mit 2 Tafeln. Preis 4 Mark.
4. **Vöchting, Dr. H.,** Ueber die Bildung der Knollen. — Mit 5 Tafeln und 5 Figuren im Text. Preis 8 Mark.
5. **Dietz, Dr. Sándor,** Ueber die Entwickelung der Blüte und Frucht von Sparganium Tourn. und Typha Tourn. Mit 3 Tafeln. Preis 8 Mark.
6. **Schenk, Prof. Dr.,** Fossile Pflanzen aus der Albourskette. Mit 9 Tafeln. Preis 8 Mark.
7. **Rees, Dr. Max** und **Dr. C. Fisch,** Untersuchungen über Bau und Lebensgeschichte der Hirschtrüffel. Elaphomyces. — Mit 1 Tafel und 1 Holzschnitt. Preis 5 Mark.
8. **Buchtien, Dr. O.,** Entwickelungsgeschichte des Prothallium von Equisetum. Mit 6 Tafeln. Preis 10 Mark.
9. **Huth, Dr. E.,** Die Klettpflanzen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Verbreitung durch Tiere. — Mit 78 Holzschnitten. Preis 4 Mark.
10. **Schulz, Aug.,** Beiträge zur Kenntnis der Bestäubungseinrichtungen und der Geschlechtsverteilung bei den Pflanzen. I. Teil. Mit 1 Tafel. Preis 8 Mark.
11. **Wigand, Dr. A.,** Nelumbium speciosum. — Nach des Verfassers Tode herausgegeben von Dr. E. Dennert. Mit 6 Tafeln. Preis 12 Mark.
12. **Stenzel, Dr. G.,** Die Gattung Tubicaulis Cotta. Mit 7 Tafeln. Preis 20 Mark.
13. **Geheeb, Adalbert,** Neue Beiträge zur Moosflora von Neu-Guinea. Mit 8 Tafeln. Preis 10 Mark.
14. **Oltmanns, Dr. Friedrich,** Beiträge zur Kenntnis der Fucaceen. Mit 15 Tafeln. Preis 32 Mark.
15. **Schumann, Dr. C. R. G.,** Anatomische Studien über die Knospenschuppen von Coniferen und dicotylen Holzgewächsen. Mit 5 Tafeln. Preis 10 Mark.
16. **Bucherer, Dr. Emil,** Beiträge zur Morphologie und Anatomie der Dioscoreaceen. Mit 5 Tafeln. Preis 10 Mark.
17. **Schulz, August,** Beiträge zur Kenntnis der Bestäubungseinrichtungen und Geschlechtsverteilung bei den Pflanzen. II. Teil. Preis 27 Mark.
18. **Walter, Dr. Georg,** Ueber die braunwandigen, sklerotischen Gewebeelemente der Farne, mit besonderer Berücksichtigung der sog. „Stützbündel" Russow's. Mit 3 farb. Tafeln. Preis 6 Mark.
19. **Beck von Mannagetta, Dr. Günther Ritter,** Monographie der Gattung Orobanche. Mit 4 farbigen Tafeln und 3 Karten. Preis 64 Mark.
20. **Rostowzew, J.,** Die Entwickelung der Blüte und des Blütenstandes bei einigen Arten der Gruppe Ambrosieae und Stellung der letzteren im System. Mit 7 Tafeln. Preis 10 Mark.
21. **Stenzel, Prof. Dr. G.,** Blütenbildungen beim Schneeglöckchen (Galanthus nivalis) und Samenformen bei der Eiche (Quercus pedunculata). Mit 6 Tafeln. Preis 29 Mark.
22. **Karsten, G.,** Ueber die Mangrove-Vegetation im Malayischen Archipel. Mit 11 Tafeln. Preis 24 Mark.
23. **Reinke, J.,** Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Morphologie der Sphacelariaceen. Mit 13 Tafeln. Preis 24 Mark.
24. **Berckholtz, W.,** Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Anatomie von Gunnera manicata Linden. Mit 9 Tafeln. Preis 20 Mark.
25. **Krick, Fr.,** Ueber die Rindenknollen der Rotbuche. Mit 2 Tafeln. Preis 8 Mark.
26. **Wettstein, Dr. R. von,** Beitrag zur Flora Albaniens. Mit 5 Tafeln. Preis 24 Mark.
27. **Buchenau, Prof. Dr. Fr.,** Ueber den Aufbau des Palmet-Schiffes aus dem Caplande. (Prionium serratum Drège.) Mit 3 teilweise kolorierten Tafeln. Preis 18 Mark.
28. **Luerssen, Prof. Dr. Chr.,** Beiträge zur Kenntnis der Flora [illegible] I.—III. Mit 23 Tafeln. Preis 65 Mark.
29. **Pohl, Dr. Jul.,** Botanische Mitteilung über Hydrastis canadensis. Mit 4 Tafeln. Preis 8 Mark.
30. **Elfert, Dr. Th.,** Ueber die Auflösungsweise der sekundären Zellmembranen der Samen bei ihrer Keimung. Mit 2 Tafeln. Preis 8 Mark.
31. **Groppler, Dr. Rob.,** Vergleichende Anatomie des Holzes der Magnoliaceen. Mit 4 Tafeln. Preis 12 Mark.
32. **Jungner J., R.,** Wie wirkt träufelndes und fliessendes Wasser auf die Gestaltung des Blattes? Einige biologische Experimente und Beobachtungen. Mit 3 Tafeln. Preis 10 Mark.
33. **Mäule, C.,** Der Faserverlauf im Wundholz. Eine anatomische Untersuchung. Mit 2 Tafeln. Preis 8 Mark.
34. **Jarius, M.,** Untersuchungen üb. Ascochyta Pisi bei parasitischer und saprophyter Ernährung. Mit 1 Tafel. Preis 7 Mark.
35. **Schlickum, A.,** Morphologischer und anatomischer Vergleich der Kotyledonen und ersten Laubblätter der Keimpflanzen der Monokotylen. Mit 5 Tafeln. Preis 24 Mark.
36. **Grob, A.,** Beiträge zur Anatomie der Epidermis der Gramineenblätter. Mit 10 Tafeln. Preis 46 Mark.
37. **Zander, R.,** Die Milchsafthaare der Cichoriaceen. Mit 2 Tafeln. Preis 12 Mark.
38. **Gruber, E.,** Ueber Aufbau und Entwickelung einiger Fucaceen. Mit 7 Tafeln. Preis 24 Mark.
39. **Grüss, J.,** Ueber Lösung und Bildung der aus Hemicellulose bestehenden Zellwände und ihre Beziehung zur Gummosis. Mit 1 Tafel. Preis 7 Mark.
40. **Wahl, Dr. C. von,** Vergleichende Untersuchungen über den [illegible] Bau der geflügelten Früchte und Samen. Mit 5 Tafeln. Preis 16 Mark.
41. **Heydrich, F.,** Neue Kalkalgen von Deutsch-Neu-Guinea (Kaiser-Wilhelms-Land). Mit 1 Tafel. Preis 6 Mark.
42. **Vanhöffen, Dr. E.,** Botanische Ergebnisse der von der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin unter Leitung Dr. v. Drygalski's ausgesandten Grönlandexpedition nach Dr. Vanhöffens Sammlungen bearbeitet. A.: Kryptogamen. Mit 1 Tafel. Preis 12 Mark.

42². B.: Phanerogamen aus dem Ulmanak- und Ritenbenk-Distrikt. Bearbeitet von Dr. J. Abromeit, Königsberg. Mit 4 Tafeln und 1 Textfigur. 1899. Preis 18 Mark.

43. **Richter, Dr. A.,** Ueber die Blattstruktur der Gattung Cecropia, insbesondere einiger bisher unbekannter Imbauba-Bäume des tropischen Amerika. Mit 5 Doppel- und 3 einfachen Tafeln. Preis 24 Mark.
44. **Geheeb, A.,** Weitere Beiträge zur Moosflora von Neu-Guinea. Mit 21 Tafeln. 1898. Preis 42 Mark.
45. **Darbishire, O. V.,** Monographia Roccelleorum. Ein Beitrag zur Flechtensystematik. Mit 29 Figuren im Text und 30 Tafeln. 1898. Preis 60 Mark.
46. **Minden, M. von,** Beiträge zur anatomischen und physiologischen Kenntnis Wasser-secernierender Organe. Mit 7 Tafeln. 1899. Preis 24 Mark.
47. **Knoch, E.,** Untersuchungen über die Morphologie, Biologie und Physiologie der Blüte von Victoria regia. Mit 6 Tafeln. 1899. Preis 17 Mark.
48. **Fisch, E.,** Beiträge zur Blütenbiologie. Mit 6 Tafeln. 1899. Preis 16 Mark.
49. **Heydrich, F.,** Ueber die weiblichen Conceptakeln von Sporolithon. Mit 2 Tafeln. 1899. Preis 6 Mark.
50. **Hämmerle, J.,** Zur Organisation von Acer Pseudoplatanus. Mit 1 Tafel. 1900. Preis 16 Mark.
51. **Siim-Jensen, J.,** Beiträge zur botanischen und pharmacognostischen Kenntnis von Hyoscyamus niger L. Mit 6 Tafeln. 1901. Preis 18 Mark.
52. **Uexküll-Gyllenband, M. von,** Phylogenie der Blütenformen und der Geschlechterverteilung bei den Compositen. Mit 2 Tafeln. 1901. Preis 18 Mark.

New York Botanical Garden Library
3 5185 00259 9981